

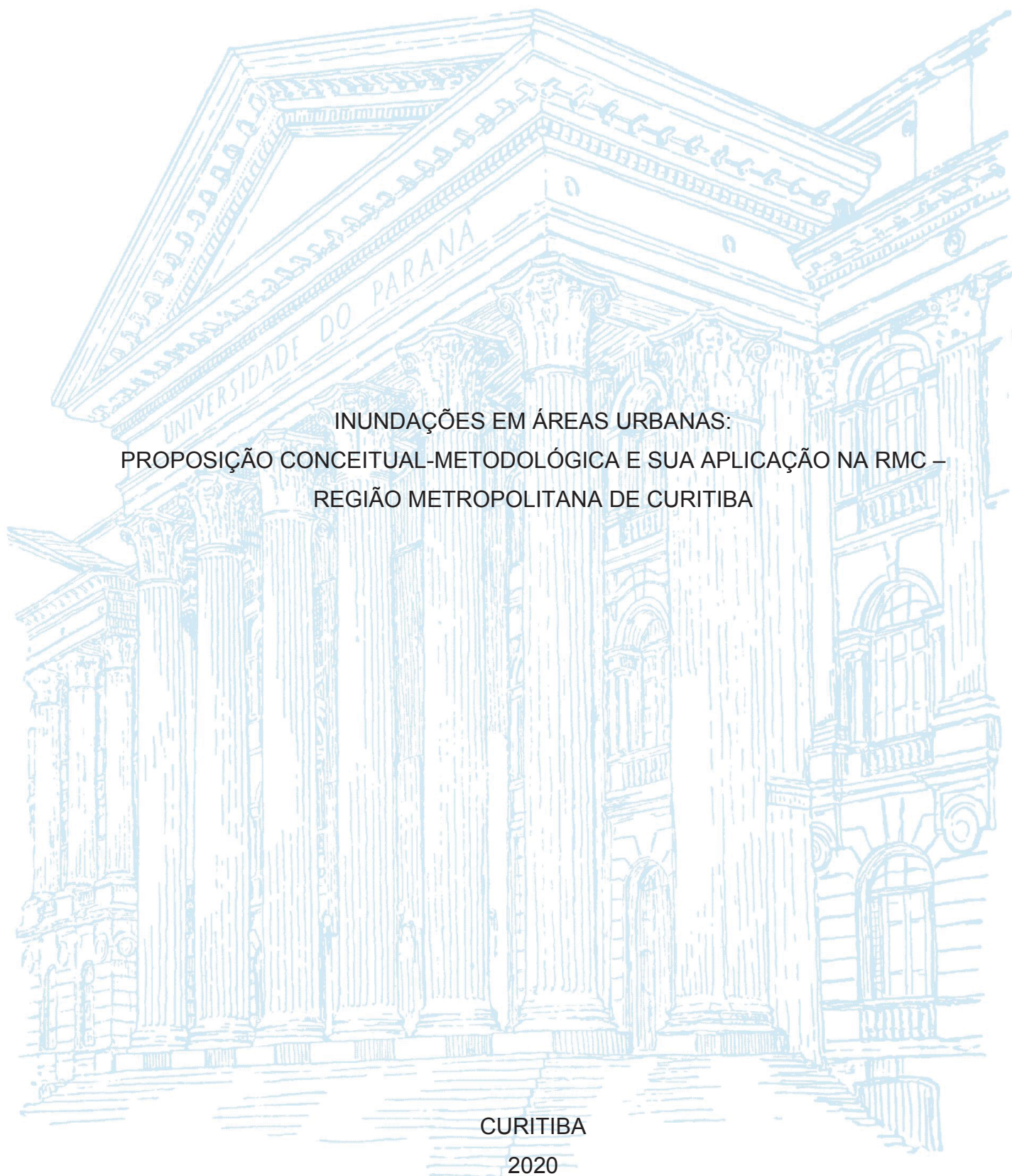
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ELAIZ APARECIDA MENSCH BUFFON

INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS:
PROPOSIÇÃO CONCEITUAL-METODOLÓGICA E SUA APLICAÇÃO NA RMC –
REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

CURITIBA

2020



ELAIZ APARECIDA MENSCH BUFFON

INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS:
PROPOSIÇÃO CONCEITUAL-METODOLÓGICA E SUA APLICAÇÃO NA RMC –
REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Mendonça

CURITIBA

2020

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

B929i Buffon, Elaiz Aparecida Mensch
Inundações em áreas urbanas: proposição conceitual-metodológica e sua aplicação na
RMC – Região Metropolitana de Curitiba [recurso eletrônico] Elaiz Aparecida Mensch
Buffon. – Curitiba, 2020.

Tese - Universidade Federal do Paraná, Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em
Geografia, 2020.

Orientador: Francisco de Assis Mendonça.

1. Inundações. 2. Controle de inundações 3. Drenagem. 4. Desastres ambientais. I.
Universidade Federal do Paraná. II. Mendonça, Francisco de Assis. III. Título.

CDD: 551.489

Bibliotecária: Vanusa Maciel CRB- 9/1928

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOGRAFIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **ELAIZ APARECIDA MENSCH BUFFON** intitulada: **INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS: PROPOSIÇÃO CONCEITUAL-METODOLÓGICA E SUA APLICAÇÃO NA RMC - REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA/PR**, sob orientação do Prof. Dr. FRANCISCO DE ASSIS MENDONÇA, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa. A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 19 de Junho de 2020.

Assinatura Eletrônica

23/06/2020 19:40:21.0

FRANCISCO DE ASSIS MENDONÇA

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

23/06/2020 21:44:37.0

ANTONIO MANOEL SARAIVA LOPES

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DE LISBOA)

Assinatura Eletrônica

19/06/2020 15:50:30.0

CLOVIS ULTRAMARI

Avaliador Externo (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO
PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

22/06/2020 07:59:21.0

LUTIANE QUEIROZ DE ALMEIDA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO
NORTE)

Assinatura Eletrônica

20/06/2020 20:59:07.0

DANYELLE STRINGARI

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PARANÁ)

DEDICO

A Deus, que é a minha maior força.

Aos meus pais, Luiz Buffon e Helena Mensch, pelo amor incondicional, dedicação e apoio.

AGRADECIMENTOS

“Cada pessoa que passa em nossa vida, passa sozinha, é porque cada pessoa é única e nenhuma substitui a outra! Cada pessoa que passa em nossa vida passa sozinha e não nos deixa só porque deixa um pouco de si e leva um pouquinho de nós. Essa é a mais bela responsabilidade da vida e a prova de que as pessoas não se encontram por acaso”. Charles Chaplin

A realização dessa pesquisa teve o apoio, direto e indireto, de muitas pessoas e instituições. Deixo aqui registrado minha enorme gratidão a todos(as) que, de alguma forma, contribuíram para esse resultado final.

Toda minha gratidão, em especial:

A Deus pela vida, por iluminar meu caminho e tornar cada sonho realidade. Sinto Sua presença todos os dias, nos momentos alegres e difíceis.

Ao professor Francisco Mendonça, pela imensa paciência, dedicação, confiança, conhecimentos compartilhados comigo, e pelas palavras de sabedoria em momentos difíceis. Gratidão Chico, por não ter se preocupado só com a realização deste trabalho, mas com o lado humano, e por assim permitir criar uma amizade. Obrigada, eternamente, por tudo!

Aos meus pais, Helena Mensch e Luiz Buffon, pelo amor e incentivo incondicional, por sempre acreditarem em mim mais do que eu mesma e por oferecerem a oportunidade de eu estudar. Obrigada pai por renunciar sonhos seu, para que eu pudesse alcançar essa conquista. Obrigada mãe por me ensinar que a fé em Deus é a maior força. Amo vocês!

Ao Will, pelo carinho e alegria contagiante de todos os dias, por me receber com festa a cada viagem realizada, e por estar ao meu lado em cada página escrita desta tese de doutorado.

Aos meus sobrinhos, Welynton e Winderson, pelo carinho, incentivo incondicional e por estarem sempre torcendo pelas minhas conquistas. Obrigada pelo apoio na tradução de textos, na elaboração de figuras e na organização de dados. Obrigada Welynton por toda ajuda nesta fase final da tese.

Aos meus irmãos, Elizandro, Elaine e Eliandro, e as minhas cunhadas, Rosimari e Samara, e o meu sobrinho, Eleandro, pela paciência, apoio e incentivo para eu continuar estudando.

À minha avó, Angela (in memoriam), por me ensinar a sonhar na vida, e mais do que isso me ensinar que eu posso conquistar os meus sonhos.

À minha mãe de coração, Nair Sanzovo Pivatto, pelo amor, apoio, escuta, conselhos e incentivo incondicional. E a minha tia de coração, Nádia Sanzovo, pelo carinho e incentivo constante, e por todas as conversas e oportunidades proporcionadas. Sou grata a Deus por ter vocês na minha vida, e obrigada pela presença de vocês em todos os momentos difíceis e alegres.

Aos pais de coração que Curitiba me apresentou, Ivo Waldir Soares e Maria Luiza Soares, pelo carinho e admiração, e por terem me protegido no momento mais difícil que passei em Curitiba. Obrigada pela amizade, apoio e incentivo de sempre.

Aos meus padrinhos, Nilza e Silfredo, à Maria Terezinha Redel, e aos meus tios, Pedro e Maria, por auxiliarem em momentos difíceis, e por torcerem pelo meu sucesso.

À Amanda Machado de Almeida, por acompanhar e auxiliar esta conquista desde o processo seletivo. Obrigada pela amizade que construímos, por entender o meu lado libiana, e principalmente, pela conversa de amiga em momentos difíceis e alegres.

À professora Olga Lúcia Castreghini de Freitas-Firkowski, por ter aceito meu pedido para orientar meu estágio de docência no doutorado, por todo conhecimento compartilhado e pelas oportunidades proporcionadas. Obrigada Olga, pela amizade e preocupação constante, você é muito especial na minha vida.

Ao professor Clovis Ultramari, pelas contribuições para o desenvolvimento desta pesquisa, em especial, por ter me incentivado a repensar a realização de uma pesquisa diagnóstica. Obrigada por ter aceito participar da avaliação do projeto de pesquisa, da qualificação e agora da defesa.

Ao Flavio Cabreira, por sempre estar do meu lado em todas as dificuldades e obstáculos com muita coragem e paciência. Obrigada por ouvir, ler e pensar esta pesquisa comigo. Mas, desde muito antes do doutorado, obrigada pela amizade e incentivo de sempre.

À Maria Fernanda Fernandes, pelo auxílio imprescindível para esta pesquisa, tanto nas atividades de campo quanto em análise. Obrigada pela amizade, conversas e incentivo, e por sempre acreditar nas minhas ideias de pesquisa. Sem você e o Rafa na coleta de dados, dificilmente eu ia conseguir esses bons resultados.

Ao Rafael Sanches, por todas os questionários aplicados e pelos dias dedicados à minha pesquisa. Sou, eternamente, grata por você ter saído de SP para me ajudar a coletar os dados. Mais do que, obrigada pela amizade e incentivo constante. Conte sempre comigo, até para as maiores loucuras geográficas!

Ao Matheus Schmitz de Oliveira, pela paciência em refazer várias vezes o desenho técnico das ilustrações dessa pesquisa. Muito obrigada pela disponibilização e dedicação de sempre.

À Mayara Soares, por ter aceitado trabalhar comigo na representação discendente e por contribuir com esta pesquisa (até na madrugada). Obrigada Mayara pela amizade, e por sempre incentivar eu acreditar nos meus sonhos.

À Gabriela Goudard, pelo apoio nas pesquisas de inundações e por ter me incentivado a não desistir deste doutorado nos momentos mais difíceis. Obrigada pela amizade, e por ter paciência para ouvir minhas ideias.

À Thais Paes, pelo auxílio na coleta de dados, e por acreditar nos resultados das nossas pesquisas. Obrigada pelos trabalhos divididos no Laboclima, e pela amizade que construímos. Conte comigo!

Ao Fabiano Oliveira Ferreira, por toda ajuda nos trabalhos de campo em Pinhais, por auxiliar na compreensão do processo da inundação estrutural, e principalmente, por acreditar nesta pesquisa.

Ao Tiago Kotryk, por todo auxílio na coleta de dados em Pinhais, e no processamento de dados. Obrigada pela amizade, e por acreditar nesta pesquisa.

Ao Flavio Lima e ao Ricardo Pelosi, pelo auxílio na aplicação dos questionários, e por acreditarem nos resultados desta pesquisa. Obrigada Flavio pela amizade, conversas e pela companhia no RU da UFPR.

À Bianca Jungles e Giovana Pegoraro, por auxiliarem nos trabalhos de campo, na compilação de dados, e por terem trabalhado esse tema comigo.

À Isabella Martinelli e Caroline Pichetti, pela disposição em trabalhar os temas de vulnerabilidade e risco, e pela oportunidade de ter sido orientadora de vocês, e atualmente, amiga.

Ao Marcel Fumiya, pelo incentivo em terminar a pesquisa, e por auxiliar com sugestões e revisões nesta reta final. Obrigada, também, pela amizade e pelas boas conversas e trocas de experiências.

Ao professor Tony Vinicius Moreira Sampaio e ao Otacilio Lopes de Souza da Paz, pelas contribuições com os estudos de casos, em especial, na coleta de dados e discussões metodológicas desta pesquisa. Obrigada professor Tony por dedicar seu tempo para a minha pesquisa, e pelo apoio em momentos difíceis.

Ao professor Flavio Feltrim Roseghini, pela contribuição com a pesquisa, em especial, por possibilitar realizar um projeto de mineração de dados de inundações e disponibilizar recursos quando necessário. Obrigada por sempre estar disposto a ajudar.

Ao Thiago Fogaça, pelas sugestões no projeto de pesquisa, por sempre animar os dias de trabalho no Laboclima, e compartilhar informações.

Aos professores Maria de Lourdes Bernartt e Edival Sebastião Teixeira, pela oportunidade, conhecimentos compartilhados e incentivo. Obrigada Maria por toda a força no momento difícil desta tese, e obrigada Edival por auxiliar com o campo em Pinhais.

Aos colegas e amigos do Laboclima, Ana, Gabi, Gina, Geisa, Francisco, Flavio, Flavio Cabreira, Pedro, Ricardo, Sheika, Thais e Wivi, pelo apoio e conhecimentos compartilhados.

Aos amigos, Larissa, Cássio, Mauricio, Cristiane, Monica, Elizieli, Lindberg (Baiano), Ana, Édner, Alexandra, Raquel, Ariadne, por sempre estarem presentes com palavras motivadoras.

Aos professores do DAHUM-PB (UTFPR), Aruanã, Clara, Diná, Darlan, João, Marlize, Marcos, Nilson, Osney, Samoara, Josiane, Sérgio e Silvio, gratidão pelos conhecimentos compartilhados, oportunidades, incentivo e bons momentos vividos na UTFPR.

A todos os colegas e amigos do PTI, pelas aprendizagens e por sempre estarem dispostos a ajudar. Obrigada, em especial, Amanda, Bruno e Rafael.

Ao Rodrigo Bertol, pela amizade, e oportunidade e confiança no meu potencial. Obrigada a todos os professores do Colégio Integral pelas trocas de experiências.

Aos professores, Adriana Andreis e Andrey Binda, pela orientação na graduação em Geografia, e por não medirem esforços para auxiliar no meu crescimento profissional. Vocês são a base da minha formação profissional e desta tese de doutorado.

As professoras Lisana Schmitz e Kátia Canil, pela leitura e contribuições na banca de qualificação.

Aos professores Antonio Saraiva Lopes, Clovis Ultramari, Danyelle Stringari e Lutiane Almeida, pela leitura e contribuições na banca de defesa.

À Universidade Federal do Paraná pelo exemplo de instituição pública e de qualidade. Aqui destaco o programa de Pós-Graduação em Geografia, em especial, a secretária Alexandra, pelas inúmeras informações, paciência e por sempre estar disposta a ajudar.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná pelo exemplo de instituição pública e de qualidade. Aqui destaco o campus de Pato Branco, pelas oportunidades que transformaram os meus desafios em conquistas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo incentivo à pesquisa científica por meio do apoio financeiro.

À Prefeitura e Defesa Civil de Pinhais, por terem disponibilizado equipe técnica para discussão, dados e pesquisas, e auxílio na coleta de dados. Aqui agradeço, em especial, três servidores, Rodrigo, Newton e Rosalina, de muita competência profissional nas suas áreas, e que foram essenciais na coleta de dados.

Ao CEMADEN, por ter disponibilizado dados dos pluviômetros automáticos e por acreditarem nesta pesquisa, em especial, Marisa.

Aos meus alunos que, a cada ano, me ensinam a aprender cada vez mais. Em especial, aos meus alunos na UTFPR, com vocês descobri o pensar e fazer educação. Sou, eternamente, grata a todos vocês!

À todas as pessoas que aceitaram responder o questionário, e auxiliaram para uma observação empírica do problema das inundações em áreas urbanas. Com vocês, essa proposta de pesquisa se tornou realidade.

Gratidão!

*“Fazer o que você gosta é
liberdade. Gostar do que você
faz é felicidade”.*

Frank Tyger

*“Você tem que acreditar. Senão
nunca vai acontecer”.*

Neil Gaiman

RESUMO

São crescentes as pesquisas que fornecem propostas metodológicas e diagnósticos das inundações nas cidades, no entanto, existe uma lacuna de investigação conceitual-metodológica dos mapeamentos de risco que subsidiam a gestão no Brasil. Trata-se de um tema que apresenta grandes desafios aos gestores e acadêmicos, especialmente, no âmbito da análise de riscos. Para tanto, esta pesquisa apresenta uma abordagem geográfica das inundações em áreas urbanas no Brasil, oferecendo uma investigação conceitual-metodológica. Para isso, utiliza-se dos métodos, hipotético-dedutivo e do sistema de clima urbano, que apoiados em técnicas de mapeamentos integradas a observação empírica, possibilitam confirmar a hipótese da pesquisa. O aporte teórico da pesquisa traz, uma visão completa, mas concisa, da gestão de riscos e desastres associados às inundações em áreas urbanas, no contexto brasileiro. As discussões conceituais do referencial teórico integradas com a caracterização das medidas de adaptação urbana auxiliam na compreensão da dinâmica e dos processos que configuram as inundações nas cidades. Os resultados apontam para a necessidade da diferenciação de dois tipos de inundações que ocorrem nas cidades, a saber: estrutural e marginal. Os processos que configuram essas inundações são distintos, embora ambos estão associados a dinâmica hidrológica. Na inundação estrutural, o transbordamento da água do rio ocorre devido um processo de refluxo, que escoar a água para a rua por meio da drenagem urbana com extravasamento na boca de lobo. Na inundação marginal, o transbordamento da água do rio para a rua ocorre pelo extravasamento nas áreas marginais. Desse modo, a identificação inadequada das inundações pode produzir nos mapeamentos de risco informações não condizentes com a realidade, influenciando as ações na gestão de risco. Assim, afirma-se a importância de considerar na aplicação de propostas metodológicas para mapeamento de risco de inundação a heterogeneidade e a dinamicidade dos processos, tanto do ponto de vista espacial quanto temporal. Ao abordar esse tema multidisciplinar das inundações, esta pesquisa oferece uma proposição conceitual-metodológica que contribui para a tomada de decisão de acadêmicos e gestores. A proposta de diferenciar a inundação estrutural e marginal, consiste em chamar atenção para a necessidade de considerar os novos processos desse fenômeno, e que são decorrentes da implantação de medidas de adaptação urbana.

Palavras-chave: Inundação Estrutural. Drenagem Urbana. Adaptação Urbana. Mapeamentos. Gestão de Riscos.

ABSTRACT

There are increasing research that provides methodological proposals and diagnoses of floods in cities, however, there is a gap in conceptual-methodological investigation of risk mappings that support management in Brazil. This is a theme that presents great challenges to managers and academics, especially in the field of risk analysis. Therefore, this research presents a geographical approach to floods in urban areas in Brazil, offering a conceptual-methodological investigation. For this, it uses the methods, hypothetical-deductive and the urban climate system, which supported by mapping techniques integrated with empirical observation, make it possible to confirm the hypothesis of the research. The theoretical contribution of the research brings a complete but concise view of the management of risks and disasters associated with floods in urban areas, in the Brazilian context. The conceptual discussions of the theoretical framework integrated with the characterization of urban adaptation measures help in understanding the dynamics and processes that configure floods in cities. The results point to the need to differentiate two types of floods that occur in cities, namely: structural and marginal. The processes that configure these floods are distinct, although both are associated with hydrological dynamics. In structural flooding, the overflow of river water occurs due to a reflux process, which flows the water into the street through urban drainage with extravasation in the mouth of the wolf. In marginal flooding, the overflow of water from the river to the street occurs through extravasation in marginal areas. Thus, the inadequate identification of floods can produce in risk mappings information that is not consistent with reality, influencing actions in risk management. Thus, it is affirmed the importance of considering in the application of methodological proposals for mapping flood risk the heterogeneity and dynamics of the processes, both spatially and temporally. By addressing this multidisciplinary theme of floods, this research offers a conceptual-methodological proposition that contributes to the decision-making of academics and managers. The proposal of differentiating structural and marginal flooding is to draw attention to the need to consider the new processes of this phenomenon, which are due to the implementation of urban adaptation measures.

Key words: Structural Flood. Urban Drainage. Urban Adaptation. Mappings. Risk Management.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CARACTERIZAÇÃO DAS TESES DE DOUTORADO EM GEOGRAFIA QUE TRATAM DA TEMÁTICA DE INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS.	20
FIGURA 2 - APRESENTAÇÃO DO PRESSUPOSTO E HIPÓTESE DA PESQUISA.	21
FIGURA 3 - MÉTODOS UTILIZADOS NA PESQUISA E OS PROCESSOS INTEGRADOS.....	24
FIGURA 4 - CANAL III – IMPACTO METEÓRICO (SUBSISTEMA HIDRODINÂMICO).....	26
FIGURA 5 - CONFIGURAÇÃO DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DE UM RIO.	36
FIGURA 6 - OCUPAÇÃO URBANA EM ÁREAS DE INUNDAÇÃO.	37
FIGURA 7 - MODELO ILUSTRATIVO DOS ELEMENTOS E FATORES DAS INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS.....	39
FIGURA 8 - CARACTERÍSTICAS DAS ALTERAÇÕES DE UMA ÁREA RURAL PARA URBANA.....	42
FIGURA 9 - DELIMITAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DOS RISCOS HIDROMETEOROLÓGICOS.....	46
FIGURA 10 - CICLO DE ANÁLISE DOS RISCOS.	49
FIGURA 11 - MACROPROCESSOS INTER-RELACIONADOS DA GESTÃO DE RISCO DE DESASTRES.	53
FIGURA 12 - AÇÕES NA GESTÃO DE RISCO DE DESASTRES E AS GEOTECNOLOGIAS.	55
FIGURA 13 – INUNDAÇÕES E FENÔMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS.....	58
FIGURA 14 - INUNDAÇÃO MARGINAL.	62
FIGURA 15 - INUNDAÇÃO ESTRUTURAL E A REALIDADE PLANEJADA E CONSTATADA.....	63
FIGURA 16 - ILUSTRAÇÃO DOS PROCESSOS DA INUNDAÇÃO ESTRUTURAL.....	64
FIGURA 17 - FOTO ILUSTRATIVA DA GALERIA PLUVIAL CONECTADA AO RIO ATUBA NA CIDADE DE PINHAIS.....	65
FIGURA 18 - EQUILÍBRIO DE UM FLUIDO EM UM RECIPIENTE DE FORMA ARBITRÁRIA.....	66

FIGURA 19 - REPRESENTAÇÃO DA CONSTRUÇÃO DE UM DIQUE E AS POSSIBILIDADES DE ESCOAMENTO DA ÁGUA.	72
FIGURA 20 - FOTOS REPRESENTATIVAS DA CONSTRUÇÃO DE DIQUE NO RIO ATUBA EM PINHAIS.....	73
FIGURA 21 - FOTOS REPRESENTATIVAS DA OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÃO EM ÁREA COM DIQUE.....	74
FIGURA 22 - ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO DA DRENAGEM E DAS INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS.....	75
FIGURA 23 - FOTOS REPRESENTATIVAS DA INUNDAÇÃO ESTRUTURAL PERTENCENTE AO ESTÁGIO 4.	76
FIGURA 24 - ÁREAS DOS ESTUDOS DE CASO EM CAMPO MAGRO E PINHAIS: LOCALIZAÇÃO E INUNDAÇÕES.	79
FIGURA 25 - CAMPO MAGRO/PR: REPRESENTAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES COM RISCO DE DESASTRES – INUNDAÇÃO.	82
Figura 26 - CENÁRIOS DE INUNDAÇÕES NA ÁREA DE ESTUDO EM CAMPO MAGRO E FOTOS REPRESENTATIVAS.....	83
FIGURA 27 - COMPARAÇÃO DO RISCO POTENCIAL E REAL DE INUNDAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO EM CAMPO MAGRO.	85
FIGURA 28 - ATÉ 2016: ANÁLISE INTEGRADA DOS QUESTIONÁRIOS COM A SIMULAÇÃO DE INUNDAÇÕES.	87
FIGURA 29 - APÓS 2016: ANÁLISE INTEGRADA DOS QUESTIONÁRIOS COM A SIMULAÇÃO DE INUNDAÇÕES.	88
Figura 30 - MODELO EMPÍRICO DAS INUNDAÇÕES EM PINHAIS ATÉ 2016.	89
FIGURA 31 - MODELO EMPÍRICO DAS INUNDAÇÕES EM PINHAIS APÓS 2016.	89
FIGURA 32 - PINHAIS/PR – EVOLUÇÃO DAS ÁREAS DE INUNDAÇÕES NO PERÍODO DE 1999 A 2018.....	91
FIGURA 33 - FOTOS REPRESENTATIVAS DAS MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO ÀS INUNDAÇÕES EM PINHAIS.....	93
FIGURA 34 - PINHAIS: PAINEL TEMPORO-ESPACIAL DA CHUVA NO DIA 14/03/2018.	100
FIGURA 35 - PINHAIS – BAIRRO WEISSÓPOLIS: CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DO TOTAL DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NO DIA 14/03/2018.....	101

FIGURA 36 - PINHAIS: REPRESENTAÇÃO INTEGRADA DA PRECITAÇÃO PLUVIAL E DA INUNDAÇÃO NO DIA 14/03/2018.....	103
FIGURA 37 - PINHAIS: ÍNICIO DA INUNDAÇÃO ESTRUTURAL NO DIA 14/03/2018.	104
Figura 38 - PINHAIS: TÉRMINO DA INUNDAÇÃO ESTRUTURAL NO DIA 14/03/2018.	104
FIGURA 39 - PINHAIS: O MODELO HIDRODINÂMICO E A INUNDAÇÃO ESTRUTURAL DO DIA 14/03/2018 NO BAIRRO WEISSÓPOLIS.	106

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - ELEIÇÃO E PESOS DAS VARIÁVEIS EM SUAS RESPECTIVAS CATEGORIAS E SUB-CATEGORIAS NO MAPEAMENTO DE VULNERABILIDADE SOCIAL ÀS INUNDAÇÕES.....	30
QUADRO 2 - CONCEITOS BRASILEIROS DE INUNDAÇÃO, CHEIA, ENCHENTE, ALAGAMENTO E ENXURRADA.....	33
QUADRO 3 - DESCRIÇÃO DOS ELEMENTOS DAS INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS.....	40
QUADRO 4 - AVALIAÇÃO DAS MEDIDAS ESTRUTURAIS DO TIPO INTENSIVAS E EXTENSIVAS NO CONTROLE DE INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS.....	44
QUADRO 5 - AVALIAÇÃO DAS MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS DE CONTROLE DE INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS.....	45
QUADRO 6 - TIPOLOGIA DO CONCEITO DE 'RISCO' E DE SUAS IMPLICAÇÕES TEÓRICAS.....	48
QUADRO 7 - CONCEITOS BASE PARA O PROCESSO DE GESTÃO DE RISCO DE DESASTRE.....	51
QUADRO 8 - FENOMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS: CONCEITO, REPRESENTAÇÃO E PADRÃO ESPACIAL DE OCORRÊNCIA.....	59
QUADRO 9 - PINHAIS: MEDIDAS ESTRUTURAIS DE ADAPTAÇÃO ÀS INUNDAÇÕES.....	96
QUADRO 10 - PINHAIS: MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS DE INUNDAÇÕES.....	98
QUADRO 11 - SÍNTESE DOS PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS COM A VALIDAÇÃO DA HIPÓTESE DA PESQUISA.....	108

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	HIPÓTESE	21
1.2	OBJETIVOS	22
1.2.1	Objetivo Geral.....	22
1.2.2	Objetivo Específicos	22
1.3	SISTEMATIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS	22
2	MÉTODOS E TÉCNICAS DA PESQUISA.....	24
2.1	MÉTODOS DA PESQUISA.....	24
2.2	TÉCNICAS DA PESQUISA.....	27
2.2.1	Mapeamentos do risco de inundações e desastre	27
2.2.2	Análise empírica dos mapeamentos de risco	28
2.2.3	Mapeamentos de vulnerabilidade social (moradia) e adaptação às inundações	29
2.2.4	Representações das inundações	31
3	ENQUADRAMENTO CONCEITUAL-METODOLÓGICO DA PESQUISA.....	33
3.1	BASES CONCEITUAIS E MEDIDAS DE INTERVENÇÕES	33
3.2	BASES DA GESTÃO DE RISCO DE RISCOS DE DESASTRES	46
4	PROPOSIÇÃO CONCEITUAL DA INUNDAÇÃO ESTRUTURAL	57
4.1	ESTRUTURA CONCEITUAL	57
4.2	INUNDAÇÃO MARGINAL E ESTRUTURAL: PROCESSOS E CONCEPÇÕES.....	61
4.3	DESENVOLVIMENTO DAS INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS.....	69
5	APORTES METODOLÓGICOS PARA A GESTÃO DE RISCO DE INUNDAÇÃO	77
5.1	ANÁLISE EMPÍRICA DOS MAPEAMENTOS DE RISCO DE INUNDAÇÃO E DESASTRES	77
5.1.1	Investigação em Campo Magro, Paraná	81
5.1.2	Análise em Pinhais, Paraná.....	86
5.2	AS MEDIDAS DE INTERVENÇÕES URBANAS FRENTE À DINÂMICA DAS INUNDAÇÕES EM PINHAIS.....	92
5.3	INUNDAÇÃO ESTRUTURAL: UMA ABORDAGEM EM PINHAIS, PARANÁ	100

5.4	INUNDAÇÃO ESTRUTURAL E GESTÃO DE RISCOS	107
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
	REFERÊNCIAS	113
	APÊNDICE 01: MODELO DE QUESTIONÁRIO	123
	APÊNDICE 02: REFERÊNCIAS DAS TESES DE DOUTORADO EM	
	GEOGRAFIA SELECIONADAS	124
	APÊNDICE 03: TRABALHO PUBLICADO SOBRE PROPOSTA PARA	
	MAPEAMENTO DE RISCO DE INUNDAÇÃO	129

1 INTRODUÇÃO

Os desastres associados às inundações representam 47% de todos os desastres relacionados ao clima e 43% de todos os desastres naturais combinados (incluindo riscos geofísicos) (ONU, 2015). A ONU (2015) divulgou, no relatório "*The Human Cost of Weather Related Disasters*" que entre 1995 a 2015, que as inundações foram crescentes em todo o mundo, principalmente na Ásia e na África. Na América Latina, anualmente, em média, 560.000 pessoas foram afetadas por inundações entre 1995 e 2004, sendo que entre 2005 a 2014 essa média subiu para 2,2 milhões de pessoas (ONU, 2015).

Às inundações são crescentes no Brasil e colocam o país no rol de destaque dos mais afetados no mundo (EMDAT/CRED, 2018). Marcelino (2007) corrobora com essa informação, quando destaca que cerca de 60% dos desastres naturais ocorridos no Brasil no século XX são de inundações. A problemática das inundações em áreas urbanas remete a uma escala macro (mundial), uma vez que tal problema é recorrente em diversas regiões do mundo.

O banco de dados do *EM-DAT*, através da plataforma dinâmica *EM-DAT "Disasters Of The Week"*, no período da "*Week 18-2018: April 30 - May 06*" até a "*Week 1-2018: January 01 - January 07*", apresentam registros de inundações em: Ankara (Turkey) (Abril/Maio – 2018), Rwanda, Israel, Tanzania (United Rep), Ethiopia, Hawaii (United States), Colombia, Kenya, Somalia (Abril -2018), Altai Krai region (Russia), Indonesia (Março/Abril – 2018), Belarus, Mashonaland Central province (Botswana), Rubavu district (Rwanda), Kosi region (Croatia), Shkoder region (Albania) (Março – 2018), Rio de Janeiro (Brazil), Bolivia, (Fevereiro – 2018), Salta province (Argentina), Malaysia, Malawi (Janeiro/Fevereiro – 2018), France, Congo (Dem P Rep) (Janeiro – 2018).

As pesquisas que abordam a temática de inundações em áreas urbanas são realizadas em diferentes áreas de conhecimento. Os objetivos de estudos desta temática são variados, e estão intrinsecamente associados aos paradigmas das ciências, que permitem avanços na temática. Tendo como palavra-chave o termo "inundação", que é um dos riscos hidrometeorológicos, foi possível identificar no banco de teses e dissertações da CAPES, um total de 2673 pesquisas, no período de 1996 a 2018, desenvolvidas dentro das seguintes áreas de conhecimento: biológicas (1075), engenharias (407), exatas e da terra (396), humanas (262), ciências agrárias (258),

multidisciplinar (212), sociais aplicadas (40), da saúde (19), e linguística, letras e artes (4).

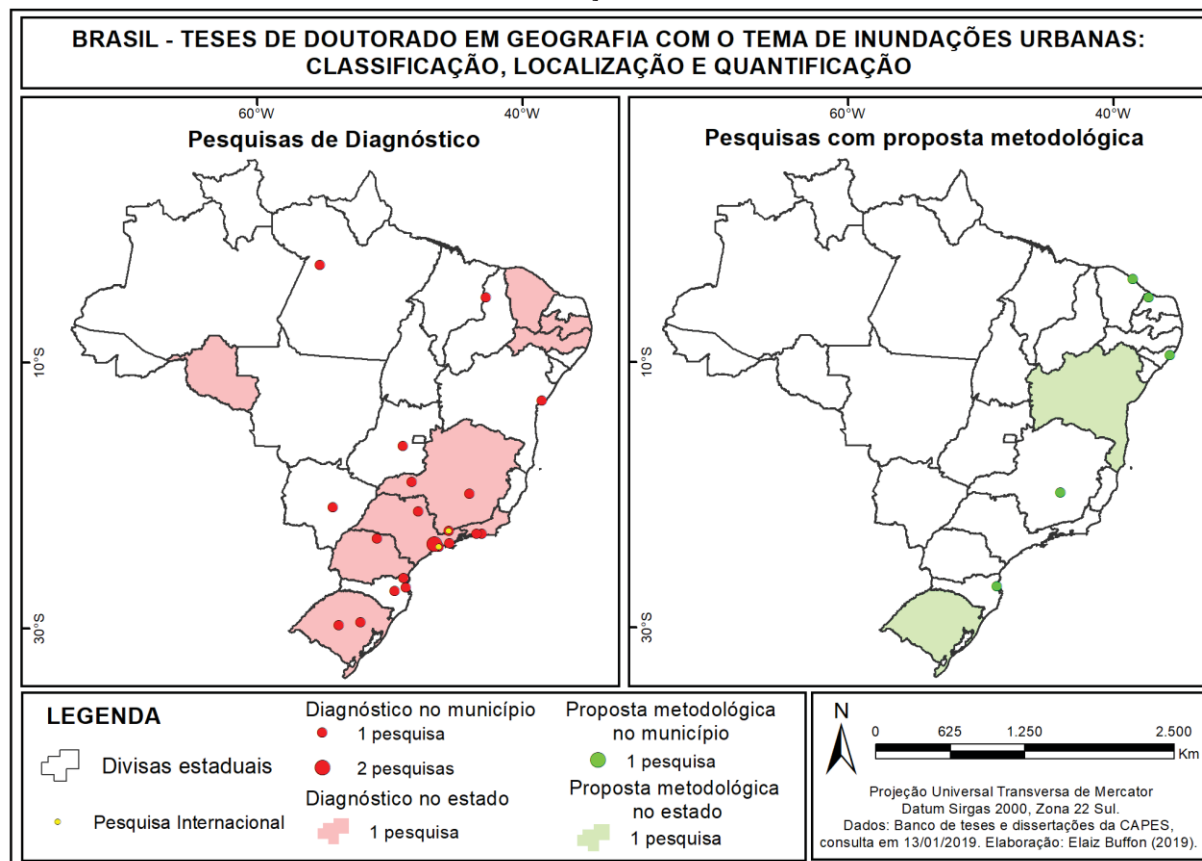
Na área de Geografia, dentro das ciências humanas, identifica-se 232 pesquisas sobre inundação, no período de 1996 a 2018, que perpassam por diversas abordagens. Uma importante contribuição da ciência geográfica para a análise dos fenômenos que ocorrem na superfície terrestre e a utilização da abordagem espacial. Para Christopherson (2012, p.2) o termo espacial “refere-se à natureza e ao caráter do espaço físico, à sua mensuração e à distribuição das coisas dentro dele”.

Neste viés, criar metodologias para posteriormente analisar as áreas urbanas com risco de inundações é um dos principais objetivos das pesquisas no âmbito geográfico. Para esse fim, é amplamente utilizado na ciência geográfica o Sistema de Clima Urbano (S.C.U.), que conforme Monteiro (2011, p.24) destaca “a natureza urbana do S.C.U. implica em condições especiais de dinamismo interno consoante o processo evolutivo do crescimento e desenvolvimento urbano”. Dessa forma, o sistema é passível de autorregulação, que deve ser adaptado ao problema em investigação.

A fim de melhor detalhar o objeto de estudo da presente tese de doutorado, filtrou-se a busca supracitada, com o termo “inundações urbanas”, de modo que foram identificadas 79 teses de doutorado dentro da área de conhecimento da Geografia. Uma interpretação desses dados possibilita concluir que 21,52% (um total de 17) das pesquisas foram concluídas até 2010, sendo que 78,48% (um total de 62) das pesquisas são concluídas entre 2011 a 2018.

Esse crescimento no número de pesquisas é um fenômeno que envolve múltiplos fatores de ordem política, social e científica, necessitando de uma investigação mais aprofundada para obter conclusões precisas, mas merece destaque o aumento de número de cursos e estudantes de doutorado no Brasil. A partir de uma análise do título e do resumo das 79 teses de doutorado foram selecionadas 38 (APÊNDICE 02), que abordam no objetivo geral da pesquisa a problemática das inundações. A figura 1 apresenta uma classificação, a localização da área de estudo e a quantificação das 38 teses de doutorado em Geografia selecionadas.

FIGURA 1 - CARACTERIZAÇÃO DAS TESES DE DOUTORADO EM GEOGRAFIA QUE TRATAM DA TEMÁTICA DE INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS.



ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2019).

A pesquisa-diagnóstico é predominante nas teses de doutorado em Geografia que tratam das inundações em áreas urbanas. A metodologia adotada na pesquisa-diagnóstico, têm sido nesta tese objeto de estudo, de modo que são apresentadas propostas metodológicas e a sua aplicação no processo de investigação. Os avanços na compreensão das inundações em áreas urbanas proporcionam que seja encontrada, atualmente, diversas propostas metodológicas para elaboração de pesquisa-diagnóstico. Entretanto, pesquisas de doutorado no âmbito dos cursos de Geografia no Brasil, que enfatizam uma avaliação conceitual-metodológica das metodologias de análise de risco de inundações em áreas urbanas não foram identificadas.

Com isso, a importância de aprofundar essa base conceitual-metodológica insere-se no âmbito do questionamento de Monteiro (2011, p.57), quando argumenta: “Não seria tempo de que os estudos de climatologia fornecessem dados e parâmetros úteis a essa tecnologia de saneamento básico?” O autor utiliza essa frase na problemática de que, não é raro, as obras de infraestrutura não considerar a

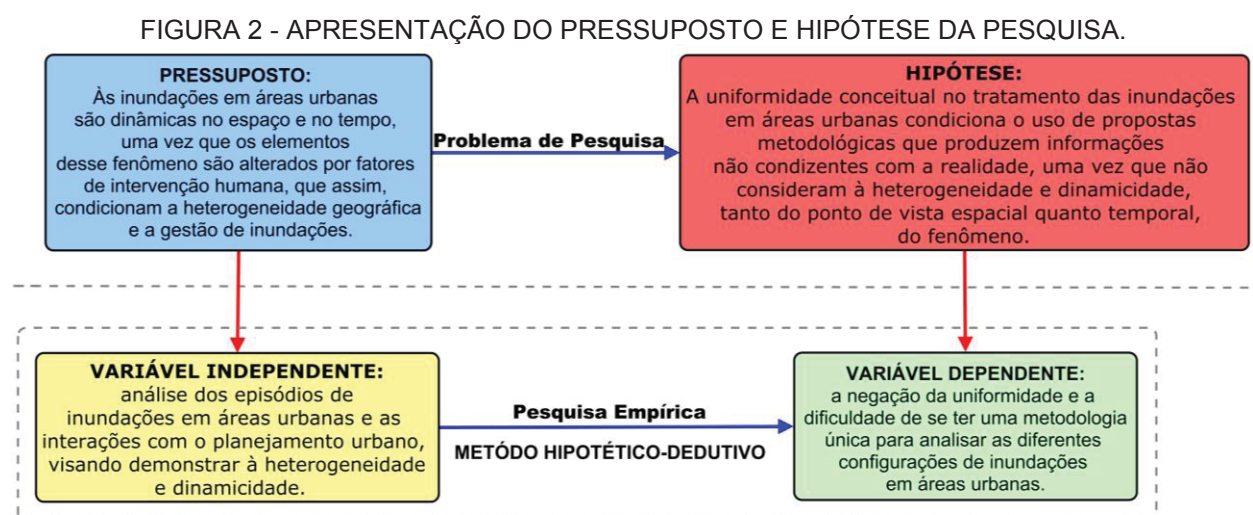
heterogeneidade e dinamicidade do problema. Neste viés, esta pesquisa perpassa pelas seguintes questões-problemas:

1. Como as inundações em áreas urbanas são estudadas, ordenadas e, se necessário diferenciadas?
2. Com as inundações em áreas urbanas são causadas?
3. Quais são os desafios para a gestão integral de risco de inundações em áreas urbanas?

Essas questões são trabalhadas ao longo desta tese de doutorado, e apoiam-se na definição de uma hipótese de pesquisa e dos objetivos. Os objetivos específicos da pesquisa direcionam a divisão dos capítulos de resultados.

1.1 HIPÓTESE

Nesta tese de doutorado em Geografia coloca-se o desafio de construir uma proposição conceitual-metodológica frente a análise do risco de inundações em áreas urbanas. Para isso, utiliza-se da pesquisa de investigação a fim de apresentar uma dinâmica espaço-temporal do fenômeno, e buscar respostas para um debate conceitual. A pesquisa é apoiada no desenvolvimento de um pressuposto donde surge uma hipótese, com uma variável independente e dependente, respectivamente, conforme é apresentado na figura 2.



ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2020).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a base conceitual-metodológica das inundações em áreas urbanas considerando a heterogeneidade e a dinamicidade espaço-temporal desse fenômeno, visando subsidiar a gestão integral de riscos.

1.2.2 Objetivo Específicos

- Analisar teoricamente a base conceitual-metodológica das inundações em áreas urbanas a partir da caracterização dos elementos e fatores, e a sua aplicação na gestão de riscos;
- Avaliar empiricamente o risco de inundações em áreas urbanas de modo a caracterizar medidas intervenções que configuram a heterogeneidade e a dinamicidade do problema;
- Propor uma concepção conceitual de inundação estrutural e marginal para compreensão dos processos que configuram a espacialidade desse fenômeno.

1.3 SISTEMATIZAÇÃO DOS CAPÍTULOS

No primeiro capítulo é apresentado a introdução ao tema das inundações em áreas urbanas, ressaltando a atualidade espacial e temporal da temática, com destaque na área de Geografia. Em conjunto a isso, é apresentado a problemática de estudo e as possibilidades de avanços em relação as pesquisas já realizadas no âmbito da Geografia. O desenvolvimento da tese é permeado por uma hipótese e pelos objetivos que são apresentados neste capítulo.

No segundo capítulo são apresentados os métodos e as técnicas que auxiliaram na execução desta pesquisa. Os métodos são desde hipotético-dedutivo no âmbito geral das ciências, até o S.C.U. no âmbito da ciência geográfica. Para isso, utilizou-se de metodologias específicas para cada estudo de caso, bem como para a investigação a partir da observação empírica.

No terceiro capítulo o objetivo é analisar teoricamente a base conceitual-metodológica das inundações em áreas urbanas a partir da caracterização dos elementos e fatores, e a sua aplicação na gestão de riscos. Dessa forma, é apresentado um referencial teórico-metodológico baseado na literatura nacional e

internacional. Integrado a esse referencial são identificados os elementos e os fatores das inundações em áreas urbanas, bem como definida a abordagem de risco híbrido desse problema.

No quarto capítulo o objetivo é propor uma concepção conceitual de inundação estrutural e marginal para compreensão dos processos que configuram a espacialidade desse fenômeno. Para isso, é apresentado a concepção de desenvolvimento das inundações e da drenagem em áreas urbanas. São utilizados exemplos da observação empírica realizada em Pinhais para caracterizar as inundações, e exemplificar a inundação estrutural.

No quinto capítulo o objetivo é avaliar empiricamente o risco de inundações em áreas urbanas, de modo a realizar uma discussão do uso de propostas metodológicas para análise a partir de estudos em Campo Magro e Pinhais. Após isso, realiza-se uma investigação da dinâmica espaço-temporal das inundações associada as intervenções em áreas urbanas com medidas de adaptação. Tal investigação auxilia na compreensão da caracterização de um evento de inundação estrutural em Pinhais, e para apresentar conclusões sobre esse processo e os desafios da gestão de riscos associados.

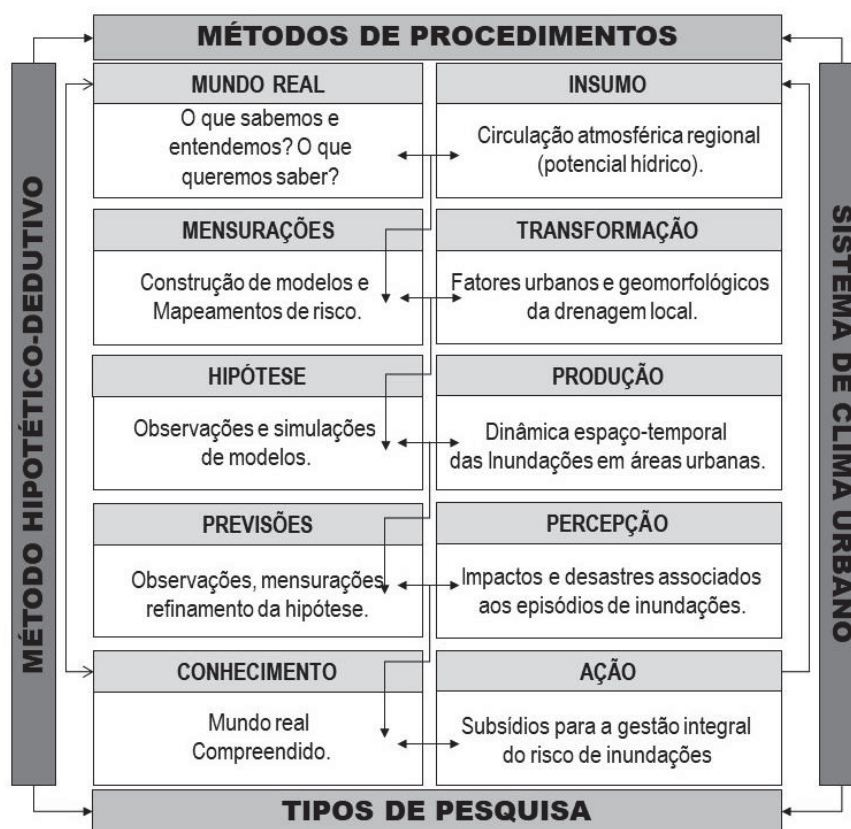
No sexto capítulo é apresentado as considerações finais da pesquisa, visando sintetizar os principais resultados alcançados e as perspectivas futuras. Nesse sentido, os apontamentos finais visam direcionar os resultados com a expectativa da contribuição na gestão de riscos de inundações, e por sua vez promova melhores condições de vida para a sociedade frente o risco de inundações.

2 MÉTODOS E TÉCNICAS DA PESQUISA

2.1 MÉTODOS DA PESQUISA

Para conduzir uma pesquisa científica, se faz uso de um ou mais métodos de abordagem, que podem coexistir sem conflitar em uma mesma pesquisa. O método científico orienta uma conduta, estabelecendo um conjunto de processos ou operações adotadas para atingir o conhecimento. Nesse sentido, os métodos utilizados nesta pesquisa estão apresentados na figura 3, que permite visualizar o processo integrado dos métodos, com percepções, observações, raciocínio, hipótese, previsões e a construção de conhecimentos.

FIGURA 3 - MÉTODOS UTILIZADOS NA PESQUISA E OS PROCESSOS INTEGRADOS.



ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2020).

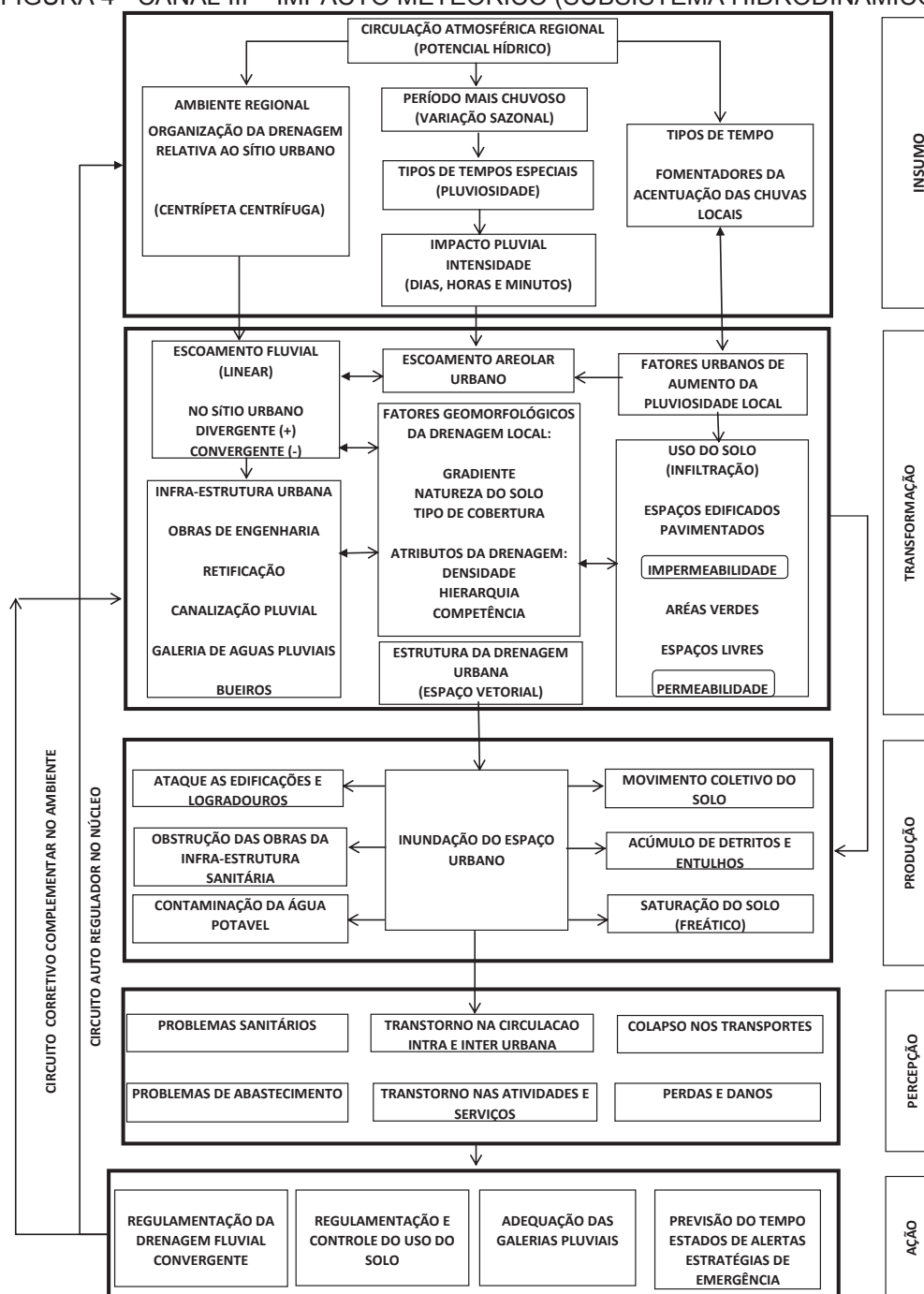
O método geral utilizado nessa pesquisa é o hipotético-dedutivo, desenvolvido no século XX por Karl Popper. Popper defende que a indução não se justifica, “pois, o salto indutivo de ‘alguns’ para ‘todos’ exigiria que a observação de fatos isolados atingisse o infinito, o que nunca poderia ocorrer, por maior que fosse a quantidade de fatos observados” (GIL, 2008, p. 12).

Assim, as etapas do método hipotético-dedutivo, incluem a definição de um problema ou lacuna de conhecimento, que permite chegar a suposições plausíveis (hipóteses), na qual busca-se suportes racionais e empíricos para análise das consequências por meio de teste das hipóteses, que permitem alcançar resultados com as previsões. Após isso, apresenta-se a refutação ou corroboração da hipótese, destacando os problemas na teoria e nos procedimentos ou apresentando extensões do conhecimento que geram novos problemas e lacunas (LAKATOS E MARCONI, 2007; GIL, 2008).

A análise das inundações em áreas urbanas demanda uma variada gama de dados de diversas fontes. Os problemas de pesquisa desta tese tomam destaque na medida que o estudo visa colocar em evidencia as interações entre os elementos e fatores que dão origem a um problema nacional-internacional de cidades (inundações urbanas). A presente pesquisa enseja uma perspectiva holística, sob a ótica da análise espacial.

Para isso, apoia-se em um vasto conjunto de métodos e técnicas fundamentais, pautados com o Sistema de Clima Urbano (SCU), a fim de se alcançar as respostas para os questionamentos levantados e para atingir os objetivos propostos. O S.C.U. proposto por Monteiro (1975) embasa-se em uma visão sistêmica, com graus de hierarquia funcional e diferentes níveis de resolução (MONTEIRO, 2011). O sistema é subdividido em três canais, a saber: Termodinâmico (conforto térmico), Físico-Químico (qualidade do ar), Hidrodinâmico (impacto meteórico). A figura 4 mostra o diagrama do canal hidrodinâmico evidenciando as relações sistêmicas e lineares da forma hídrica capaz de causar impactos na vida da cidade.

FIGURA 4 - CANAL III – IMPACTO METEÓRICO (SUBSISTEMA HIDRODINÂMICO).



FONTE: MONTEIRO, 1975, p. 161.

Esse diagrama permite caracterizar o insumo, a transformação, a produção, a percepção e a ação frente aos problemas. O insumo está diretamente associado ao clima, enquanto que a transformação se refere aos fatores urbanos que atuam nos diferentes usos do solo. Com isso, as produções dos problemas derivados desse sistema são dinâmicas no espaço e no tempo, e aqui insere-se o campo investigativo dessa pesquisa, em identificar novos processos que originam ou intensificam as

inundações em áreas urbanas. A percepção desses problemas relaciona-se com as atividades cotidianas da sociedade e que acontecem no espaço urbano, e assim indicam campos de ação para resolução do problema.

Monteiro (2011, p.24) ressalta que

A natureza urbana do S.C.U. implica em condições especiais de dinamismo interno consoante o processo evolutivo do crescimento e desenvolvimento urbano, uma vez que várias tendências ou expressões formais de estruturas se sucedem ao longo do processo de urbanização.

Os critérios de elaboração do sistema de clima urbano pautado na teoria geral dos sistemas são: o pragmatismo, o dinamismo, a consistência, o empirismo e o modelismo. Dentre desses, Monteiro (2011, p.18) reforça que a T.G.S pressupõem margem a observação empírica, e assim o autor caracteriza que “para o estudo do clima urbano, como qualquer problema ou fenômeno a ser investigado pela ciência, a moldura teórica escolhida deve ser suscetível e mesmo orientadas à observação empírica”. Com isso, nesta pesquisa utiliza-se a observação empírica como meio de testes de verificação ou refutação da hipótese, a fim de promover o conhecimento de novos processos das inundações em áreas urbanas. Nos próximos itens são destacadas as técnicas de procedimentos utilizados nas análises.

2.2 TÉCNICAS DA PESQUISA

2.2.1 Mapeamentos do risco de inundações e desastre

Para representar o risco de inundação em Pinhais foi utilizado o mapeamento (modelo) disponibilizados pelo Instituto de Águas do Paraná (ÁGUASPARANÁ) (SUDERHSA, 2002). Esse modelo foi elaborado por meio de métodos de modelagem matemática com o auxílio do modelo de simulação hidrodinâmico Mike 11, com o uso de dados de vazão e de fatores associados à susceptibilidade às inundações para a bacia do Alto Iguaçu, localizada no estado do Paraná.

As áreas de inundações identificadas na modelagem correspondem a cenários atuais (dados do aerolevanteamento de 1998) e tendenciais (decorrência da urbanização prevista para 2020), portanto adotou-se como tempo de recorrência das inundações o período de 25 anos (SUDERHSA, 2002). Os dados secundários consistem em registros (atendimentos) da Defesa Civil de Pinhais, que após compilação a Prefeitura de Pinhais disponibiliza em formato *shapefile* as áreas com

inundações. Esses registros são referentes aos anos de 1999, 2003, 2010, 2011, 2017 e 2018. E para a área de estudo em Campo Magro utilizou-se a pesquisa de Buffon et al., (2018) (APÊNDICE 03).

2.2.2 Análise empírica dos mapeamentos de risco

A coleta de dados primários foi realizada a partir da aplicação de questionário (APÊNDICE 1) na área de estudo de Campo Magro e Pinhais. A elaboração do questionário foi embasada na proposta de Aaker et al. (2001), quanto ao formato de respostas e sequência de perguntas. Inseriu-se uma questão aberta no questionário, visando buscar informações sobre as causas e as soluções para os problemas de inundações em áreas urbanas de Pinhais.

A definição da área de aplicação dos questionários em Campo Magro foi orientada pelos locais mapeados com risco de inundação na proposta de Buffon et al., (2017). No total foram aplicados 32 questionários na Área de Estudo em Campo Magro, durante o trabalho de campo realizado na data de 26 de fevereiro de 2018.

A definição da área de aplicação dos questionários em Pinhais foi orientada pelos locais com registros de inundações de acordo com a Defesa Civil de Pinhais. No total foram aplicados 272 questionários em Pinhais, durante os trabalhos de campos realizados nos dias 26, 27 e 28 de fevereiro de 2018, 1 de março de 2018 e, 05 e 06 de junho de 2018.

Após a coleta desses dados, compilou-se as informações em planilhas de modo a obter dados para análise empírica dos mapeamentos elaborados por meio computacionais. Para isso, os dados foram geocodificados a partir de pontos delimitados pelos endereços das residências e espacializados em ambiente SIG.

A aplicação dos questionários da pesquisa adotou métodos de amostragem não-probabilísticos devido à disponibilidade de moradores nas residências, na data do trabalho de campo. Dessa maneira, não se pretende realizar análises estatísticas sobre os dados coletados em campo, em razão da ausência de um método de amostragem probabilístico que proporcione uma maior confiabilidade dos dados. Assim, os dados coletados via questionários são auxiliares para o conhecimento *in loco* que embasou a construção dos modelos empíricos de inundações e, também para a abordagem espacial representativa da ocorrência de inundações nas áreas de estudo.

2.2.3 Mapeamentos de vulnerabilidade social (moradia) e adaptação às inundações

O mapeamento da vulnerabilidade social à condição de moradia foi realizado com base na técnica de cartografia de síntese (MARTINELLI 1991, 2003; SAMPAIO, 2012; BUFFON, 2016), por meio da álgebra de mapas e análise multicritério. Uma primeira etapa desta técnica é a eleição de variáveis adotadas que deve se sustentar na fundamentação teórica a respeito do tema abordado. A segunda etapa consiste em proceder com a normalização e padronização dos dados, com o intuito de se obter um valor relativo e não absoluto para cada um dos setores censitários. A terceira etapa se efetiva na ponderação dos dados, com o intuito de que seja obtido um valor de vulnerabilidade por unidade. Por fim, a última etapa condiz ao processo de síntese elementar, ou seja, quando se somam os valores obtidos em cada uma das variáveis normalizadas, padronizadas e ponderadas na unidade de setor censitário.

As variáveis adotadas, bem como suas respectivas ponderações, são apresentadas no quadro 1. Os graus de vulnerabilidade social embasaram-se na definição de 6 classes, sendo que a frequência dessas classes foi determinada a partir da técnica estatística Natural Breaks, que permite minimizar a variância intra classes e maximizar a variância inter classes (GIRARDI, 2008). Os seis graus de vulnerabilidade com seus respectivos intervalos de frequência são: Muito Baixa (0,0124 – 0,0994), Baixa (0,0995 – 0,1415), Média a Baixa (0,1416 – 0,1752), Média a Alta (0,1753 – 0,2151), Alta (0,1754 – 0,2764) e Muito Alta (0,2765 – 0,4454).

QUADRO 1 - ELEIÇÃO E PESOS DAS VARIÁVEIS EM SUAS RESPECTIVAS CATEGORIAS E SUB-CATEGORIAS NO MAPEAMENTO DE VULNERABILIDADE SOCIAL ÀS INUNDAÇÕES.

Ano	Categoria	Peso	Sub-Categoria	Peso	Variável
2010	Características dos domicílios	75%	Rede de esgoto ou fossa séptica	5%	Domicílios particulares permanentes sem rede de esgoto ou fossa séptica
			Coleta de lixo	10%	Domicílios particulares permanentes sem coleta de lixo, com depósito na propriedade, terreno baldio, logradouro, rio, lago ou mar
			Lixo em logradouro	20%	Domicílios particulares permanentes com lixo acumulado nos logradouros
			Moradia/irregular	30%	Domicílios particulares permanentes em outra condição de ocupação (não são próprios, alugados, nem cedidos)
			Abastecimento de água	10%	Domicílios particulares permanentes com fonte de água proveniente de poço, rios, açudes ou água da chuva
	Características dos moradores	25%	Renda	20%	Total responsável com renda até 2 salários mínimos
			Alfabetização	5%	Total de responsáveis não alfabetizados

ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon baseado em IBGE (2010).

As medidas de adaptação são classificadas pela ordem e técnica de intervenção. Quanto a técnica de intervenção das medidas, adotou-se a classificação de estruturais e estruturantes, sendo àquela primeira quando a paisagem é alterada pelo homem, e a última quando o homem aprende a conviver com as inundações (CARNEIRO & MIGUEZ, 2011).

O conceito de adaptação utilizado neste trabalho refere-se a um ajuste condicionado ao controle e/ou prevenção de inundações em áreas urbanas e os impactos associados. Esse ajuste condicionado pode ser originado de duas maneiras fundamentais no processo da ordem da medida de adaptação: 1) adaptação autônoma, com respostas automáticas de um sistema em reação aos impactos das inundações; 2) adaptação planejada, implantada por um conjunto de estratégias e ações com objetivo de minimizar os impactos das inundações (KRUG, 2008; NOBRE, 2008). Em relação a ordem de intervenção das medidas, classificou-se as medidas na ordem de intervenção em: pública (ação singular do governo), privada (ação singular do indivíduo/população) e mista (ação interdisciplinar do indivíduo com o governo).

2.2.4 Representações das inundações

As fotos representativas utilizadas para explicar a inundação estrutural e marginal foram obtidas através de trabalhos de campo realizados em Pinhais. Esses trabalhos aconteceram em diferentes anos da realização da pesquisa, conforme as datas: 27 de agosto de 2016, 11 de abril de 2017, 01, 14 e 22 de março de 2018 e 05 e 06 de junho de 2018. Além disso, a Defesa Civil de Pinhais concedeu relatórios com registros fotográficos dos episódios de inundações no ano de 2014 e 2018. As ilustrações dos processos e dos fenômenos associados às inundações foram realizadas a partir da observação empírica, sendo desenvolvidas no programa *CorelDRAW* 2018, utilizado para desenho vetorial bidimensional para design gráfico desenvolvido pela Corel Corporation.

Para a análise do episódio de inundação estrutural no dia 14 de março de 2018 foram utilizados dados primários e secundários, considerando o recorte espacial do bairro Weissópolis. Os dados secundários de precipitação pluvial registrados na cidade de Pinhais e circunvizinhas no dia 14 de março de 2018 foram coletados através de estações automáticas, do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Foram utilizados os totais de precipitação, com intervalo de 1 hora, para 39 estações, sendo 6 dessas localizadas em Pinhais.

Os dados foram utilizados para construir mapeamentos da configuração espacial horária da precipitação pluvial. Os mapeamentos foram elaborados utilizando-se o software *ArcGIS Esri 10.3.1*, por meio da interpolação dos dados na extensão *Geostatistical Analyst*, na opção *Geostatistical Wizard*, a partir do método de *Krigagem* (ISAKS & SRIVASTAVA, 1989). Para obter uma determinação de classes e intervalo com melhor confiabilidade, utilizou-se a regra de *Sturges*.

Para apresentar graficamente as relações entre a curva de precipitação pluvial e a de ocorrência de inundação na dimensão temporal, utilizou-se o valor máximo precipitado e o início e término do episódio de inundação. Os vídeos gravados durante os episódios de inundações, ilustram momentos da curva temporal definida anteriormente.

A análise do modelo hidrodinâmico de risco de inundação a partir do episódio do dia 14 de março de 2018 foi realizada em ambiente SIG. Para isso, a Prefeitura de Pinhais forneceu a base cartográfica do sistema viários e do limite de bairros, enquanto que a Defesa Civil de Pinhais disponibilizou dados dos registros de atendimentos das ocorrências de inundações para essa data. O mapeamento (modelo hidrodinâmico) das

áreas de inundações foi disponibilizado pelo Instituto de ÁGUASPARANÁ (SUDERHSA, 2002) e segue os critérios já mencionados anteriormente.

Os dados primários utilizados para caracterizar o episódio de inundação estrutural no bairro Weissópolis foram coletados no dia 14 de março de 2018, durante e pós o episódio. Dentre os dados, citam-se a obtenção de registros fotográficos e vídeos, além disso, a identificação de ruas afetadas pela inundação durante o episódio.

O conjunto de dados primários e secundários possibilitou construir um mapeamento integrado, para apresentar as ruas sem inundação, com inundação e com risco de inundação de acordo com o modelo hidrodinâmico. Esse mapeamento integrado foi construído em ambiente SIG, com auxílio do software *ArcGis 10.3.1*. Ainda, de forma integrada a esse mapeamento apresentou-se as fotos representativas da inundação estrutural verificada em diferentes pontos do bairro.

3 ENQUADRAMENTO CONCEITUAL-METODOLÓGICO DA PESQUISA

3.1 BASES CONCEITUAIS E MEDIDAS DE INTERVENÇÕES

Inundação, em sua gênese, é um fenômeno que faz parte da dinâmica fluvial e apresenta um intervalo de recorrência no tempo e no espaço, determinado pelas características climáticas regionais (LEOPOLD et al., 1964; TUCCI, 2003; CUNHA, 2007). A inundação, enquanto dinâmica fluvial, é geralmente denominada de cheia e ou enchente, enquanto que o termo inundação, enxurrada e alagamento estão mais associados com o processo de uso e ocupação da terra, especialmente, em áreas urbanas.

Biswas (1970) relata estudos sobre as cheias datados do século XVI, XVII, XVIII, XIX, com importantes conceitos teóricos estabelecidos no século XX. Dentre esses conceitos, citam-se: inundação, inundação ribeirinha, inundação decorrente da urbanização, enchente, alagamento e enxurrada. Tais conceitos são objetos de estudos em pesquisas nacionais e internacionais e, que apresentam uma constante atualização.

No âmbito brasileiro, o termo inundação, conforme é apontado por Kobiyama et al. (2006) vem sendo utilizado como sinônimo de enchente, mas esses apresentam diferenças significativas. O mesmo problema acontece com os termos alagamento e inundação, que embora apresentem associações, são processos distintos relacionados aos eventos pluviométricos extremos. A fim de detalhar essas diferenças e, também de caracterizar um desenvolvimento histórico da definição desses termos, e diversidade de conceitos, elaborou-se o quadro 2.

QUADRO 2 - CONCEITOS BRASILEIROS DE INUNDAÇÃO, CHEIA, ENCHENTE, ALAGAMENTO E ENXURRADA.

Fonte	Termo	Conceito
CASTRO, 1998	Alagamento	Água acumulada no leito das ruas e no perímetro urbano por fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes (p.12).
	Cheia	1. Enchente de um rio causada por chuvas fortes ou fusão das neves. 2. Elevação temporária e móvel do nível das águas de um rio ou lago. 3. Inundação (p.38).
	Enchente	Elevação do nível de água de um rio, acima de sua vazão normal. Termo normalmente utilizado como sinônimo de inundação.(V. inundação) (p.62).

	Inundação	Transbordamento de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes, ou acumulação de água por drenagem deficiente, em áreas não habitualmente submersas. Em função da magnitude, as inundações são classificadas como: excepcionais, de grande magnitude, normais ou regulares e de pequena magnitude. Em função do padrão evolutivo, são classificadas como: enchentes ou inundações graduais, enxurradas ou inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas. (p.96).
CASTRO, 2003	Inundações	As inundações podem ser definidas como um transbordamento de água proveniente de rios, lagos e açudes (p.40).
	Enchente ou Inundações Graduais	As águas elevam-se de forma paulatina e previsível; mantêm-se em situação de cheia durante algum tempo e, a seguir, escoam-se gradualmente (p.48).
	Enxurradas ou Inundações Bruscas	São provocadas por chuvas intensas e concentradas, em regiões de relevo acidentado, caracterizando-se por produzirem súbitas e violentas elevações dos caudais, os quais escoam-se de forma rápida e intensa. Nessas condições, ocorre um desequilíbrio entre o continente (leito do rio) e o conteúdo (volume caudal), provocando transbordamento (p.50).
	Alagamentos	São águas acumuladas no leito das ruas e nos perímetros urbanos por fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes (p.51).
TUCCI, 2003	Inundações de áreas ribeirinhas	Quando a precipitação é intensa e o solo não tem capacidade de infiltrar, grande parte do volume esco para o sistema de drenagem, superando sua capacidade natural de escoamento. O excesso do volume que não consegue ser drenado ocupa a várzea inundando de acordo com a topografia das áreas próximas aos rios. Estes eventos ocorrem de forma aleatória em função dos processos climáticos locais e regionais (p.45).
	Inundações devido a urbanização	Na medida que a população impermeabiliza o solo e acelera o escoamento através de condutos e canais a quantidade de água que chega ao mesmo tempo no sistema de drenagem aumenta produzindo inundações mais frequentes do que as que existiam quando a superfície era permeável e o escoamento se dava pelo ravinamento natural (p.45).
KOBYAMA, 2006	Enchente	Quando não ocorre o transbordamento, apesar do rio ficar praticamente cheio, tem-se uma enchente e não uma inundação (p.45-46).
	Inundações	Popularmente tratada como enchente, é o aumento do nível dos rios além da sua vazão normal, ocorrendo o transbordamento de suas águas sobre as áreas próximas a ele. Estas áreas planas próximas aos rios sobre as quais as águas extravasam são chamadas de planícies de inundação

		(p.45).
Min. Cidades/IPT, 2007	Alagamento	Acúmulo momentâneo de águas em uma dada área decorrente de deficiência do sistema de drenagem (p.94).
	Enchente (Cheia)	Elevação temporária do nível d'água em um canal de drenagem devida ao aumento da vazão ou descarga (p.90).
	Enxurrada	Escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte (p.94).
	Inundação	Processo de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio) quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio (p.91)
COBRADE, 2012	Alagamento	Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas (p.33).
	Enxurrada	Escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Apresenta grande poder destrutivo (p.33).
	Inundações	Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície (p.33).

ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2018).

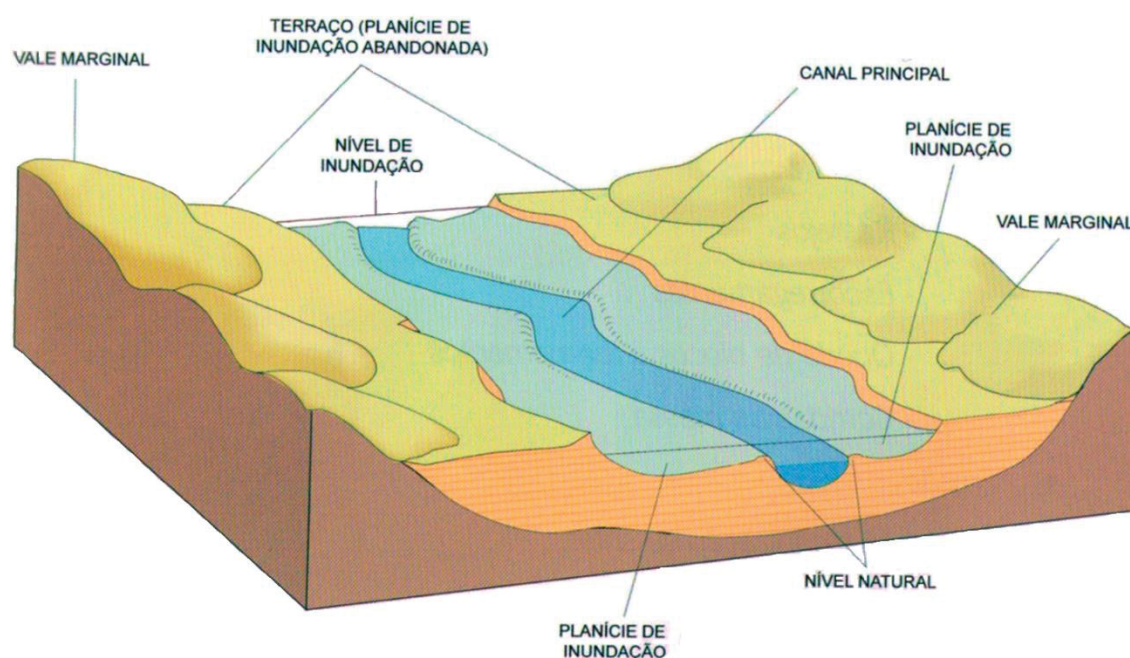
Os conceitos de inundação, alagamento e enxurrada são objetos de discussões em diversas ciências e apresentam avanços no aporte conceitual no Brasil. Tais dados são aplicados tanto em pesquisas como em formulários para coleta de dados. No contexto brasileiro, os conceitos de COBRADE (2012) são os mais utilizados pela Defesa Civil que é responsável por coletar os dados de ocorrências de tais fenômenos.

Nesse sentido, estudos como os de Few et al. (2004), Goerl e Kobiyama (2005), Tachini et al. (2009), Goerl (2009), Buffon e Sousa (2018), enfatizam as dificuldades na padronização das terminologias de inundação, enchente e alagamento. A falta de padronização das terminologias, pode acarretar em registros incorretos dos fenômenos (GOERL, 2009; BUFFON e SOUSA, 2018). Dentro desse cenário, não existe até o presente momento, uma única definição desses termos, que satisfaça toda a comunidade científica nacional e mundial. Isso reflete diretamente na qualidade dos

dados de inundações, e conseqüentemente, promove problemas metodológicos nas etapas da gestão de risco.

Assim, para esta pesquisa, adota-se que todo rio apresenta um leito menor, que quando chega ao seu limite máximo, indica a ocorrência de uma enchente (cheia). Após a enchente (cheia), verifica-se o transbordamento da água para a planície de inundação que abrange o leito maior do rio. Em casos de eventos pluviométricos extremos, o transbordamento pode ultrapassar o leito maior do rio, atingindo o chamado terraço (planície de inundação abandonada). Tais processos são ilustrados na figura 5, e identificados a partir dos conceitos.

FIGURA 5 - CONFIGURAÇÃO DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DE UM RIO.



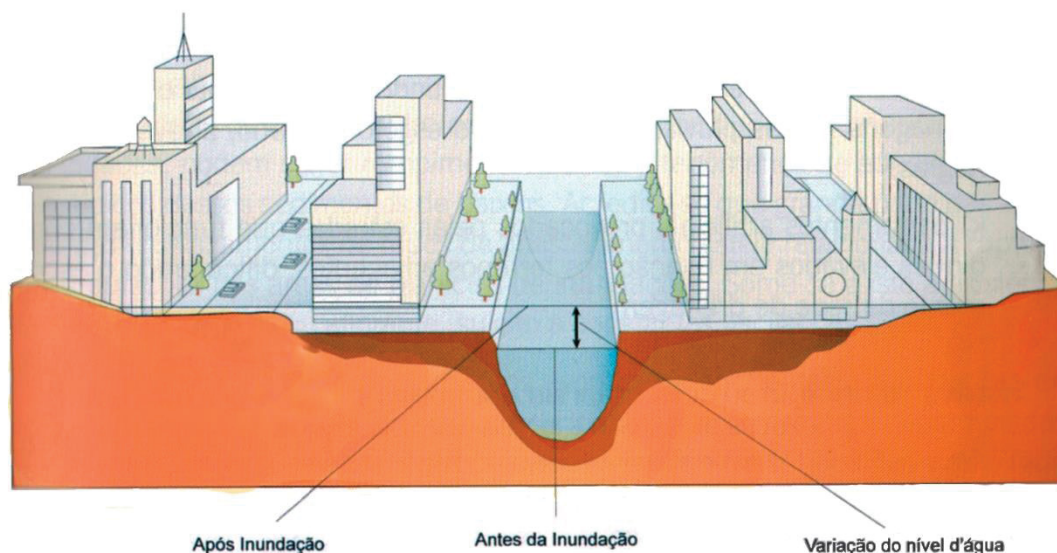
FONTE: Murck, Skinner e Porter, (1999, *apud* OLIVEIRA, 2010, p.12).

Esse fenômeno de origem natural, quando localizado em áreas urbanas, pode se constituir em um risco de desastres com conseqüências socioambientais. Segundo Oliveira (2010, p.11), o risco de inundação resulta da “deflagração e evolução de processos de alteração do meio físico, induzidos, potencializados ou acelerados pelo uso e ocupação do solo”.

O uso e ocupação do solo se constitui no principal fator das inundações em áreas urbanas, conforme destaca Tucci (2005, p.42) são “provocados pela ação do homem, a saber: obras hidráulicas, urbanização, desmatamento, reflorestamento e uso agrícola”. Neste contexto, destacam-se os impactos decorrentes das obras hidráulicas

e da urbanização. Na figura 6 mostra-se a ocupação urbana na área de planície de inundação e a variação do nível de água antes e após o episódio de inundação.

FIGURA 6 - OCUPAÇÃO URBANA EM ÁREAS DE INUNDAÇÃO.



FONTE: Murck, Skinner e Porter, (1999, apud OLIVEIRA, 2010, p.13).

Conforme Oliveira (2010, p.12) as inundações “correspondem ao extravasamento das águas de um curso d’água para as áreas marginais, quando a vazão é superior à capacidade de descarga da calha”. Alguns fatores antrópicos, atrelado ao processo de uso e ocupação do solo, agravam as inundações nas cidades. Conforme Oliveira (2010, p.13-14) esses são alguns dos fatores:

- a) despejo de resíduos sólidos urbanos (lixo), provocando o entulhamento dos vales e qualquer tipo de drenagem;
- b) eliminação da mata ciliar, provocando erosão contínua e assoreamento dos cursos d’ água;
- c) lançamento de esgotos domésticos e industriais;
- d) desmatamentos de extensas áreas, por meio de cortes e queimadas;
- e) execução de cortes e aterros nas planícies de inundação;
- f) retificação, aprofundamentos, desvios e canalização de córregos;
- g) mineração descontrolada em áreas de várzea, carreando sólidos para os córregos (assoreamento e entulhamento);
- h) aterramento das várzeas marginais no fundo do vale, causando o aumento do escoamento superficial e retenção das águas de superfície;
- i) ocupação urbana indevida nas margens dos fundos de vale;
- j) ausência de saneamento básico, permitindo o escoamento de pequenas drenagens, águas pluviais e até mesmo esgoto sanitário, através de valas negras;
- k) barramentos artificiais provocados pelas estradas que funcionam como diques elevados em relação aos terrenos adjacentes, dificultando o escoamento da rede de drenagem.

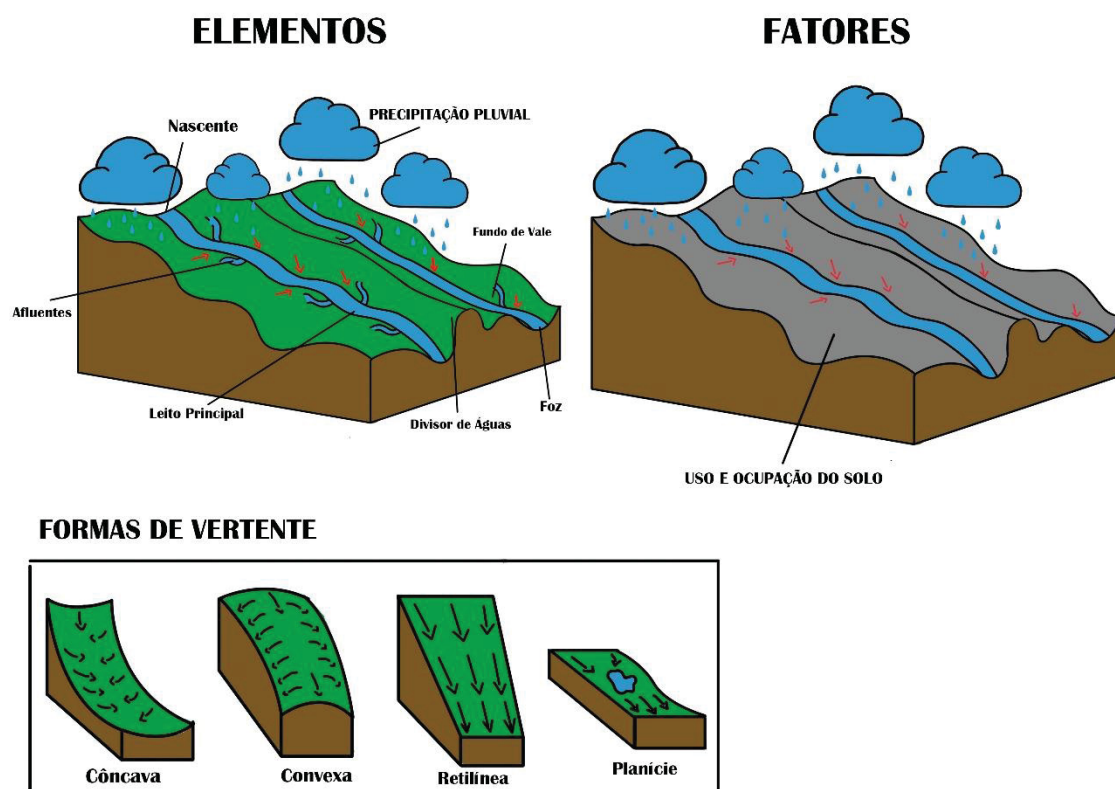
Grande parte desses fatores derivam de um processo histórico de uso e ocupação do solo, contextualizado por Canholi (2014, p.15) ao mencionar que “o aumento das áreas urbanizadas e, conseqüentemente, impermeabilizadas, ocorreu a partir das zonas mais baixas, próximas às várzeas dos rios ou à beira-mar, em direção às colinas e morros”. Brasil (2007) ressalta que a problemática de inundações é comum em cidades brasileiras, especialmente, em regiões metropolitanas que apresentam núcleos habitacionais de baixa renda ocupando terrenos marginais de cursos de água.

Conhecer o conjunto de intervenções urbanas brasileiras nas áreas de inundações é uma tarefa importante para delimitar os elementos e fatores das inundações, tanto de ordem natural, quanto social e tecnológicas. Neste âmbito, Tucci (2005, p. 42) menciona que “as condições hidrológicas que produzem a inundação podem ser naturais ou artificiais”, de tal forma, que áreas naturalmente susceptíveis às inundações pode não ser lugares de risco de inundações, devido intervenções realizadas.

Desse modo, o conhecimento da gênese das inundações em áreas urbanas é complexo devido ao grande número de fatores envolvidos nos processos. Os elementos das inundações são de origem natural, mas sofrem interferências da ação antrópica, de forma a condicionar a espacialidade desse fenômeno. Para melhor compreender esse modelo de elementos e fatores das inundações em áreas urbanas, elaborou-se a figura 7.

A figura 7 apresenta um modelo ilustrativo dos elementos e dos fatores das inundações em áreas urbanas. Representa-se no modelo duas bacias hidrográficas, delimitando o leito principal, os afluentes, a foz, a nascente, e o fundo de vale, que estão expostos a dinâmica hidrológica em um determinado evento pluviométrico. No modelo dos elementos, considera-se a paisagem sem interferência da ação humana, enquanto que, no modelo dos fatores, é apresentado a paisagem a partir do uso e ocupação do solo e as alterações ambientais associada. As formas de vertente, compõem os modelos, e indicam as áreas de planície com alto risco de inundação. Em ambos os modelos se mantém o divisor de águas das bacias hidrográficas, localizados nas áreas mais elevadas do relevo e marcam a mudança no sentido de escoamento da água, apresentado pelas flechas em vermelho.

FIGURA 7 - MODELO ILUSTRATIVO DOS ELEMENTOS E FATORES DAS INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS.



CONCEPÇÃO: Elaiz Buffon (2018, baseado em De Paula (2010), Netto (1995), Botelho (2011)).
Desenho técnico: Matheus Schmitz (2018).

Como elementos naturais das inundações citam-se: as formas de relevo, a rede de drenagem da bacia hidrográfica, as chuvas (intensidade, quantidade e distribuição e frequência), as características do solo e o teor de umidade, e a presença ou ausência da cobertura vegetal. A identificação de tais elementos apoia-se na referência de Botelho (2011, p.82) ao tratar da frequência e intensidade das inundações, enquanto dinâmica fluvial, descrevendo que

são controladas pelo volume e distribuição das águas das chuvas, pelo tipo e densidade da cobertura vegetal, pelas diferenciações na cobertura pedológica, substrato geológico, características do relevo, como declividade e formas das encostas, e geometria do canal fluvial.

Tucci (2005, p.42) corrobora afirmando que as condições naturais que produzem inundações “são aquelas cuja ocorrência é propiciada pela bacia em seu estado natural, a exemplo de tipo de relevo, de precipitação, cobertura vegetal e capacidade de drenagem”. A fim de caracterizar esses elementos, elaborou-se o quadro 3.

QUADRO 3 - DESCRIÇÃO DOS ELEMENTOS DAS INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS.

ELEMENTO (CONDICIONANTE NATURAL)	CARACTERIZAÇÃO
Bacia Hidrográfica	Os rios normalmente drenam nas suas cabeceiras, áreas com grande declividade, produzindo escoamento de alta velocidade. Quando a declividade diminui, a capacidade de escoamento naturalmente diminui e ocorrem inundações no leito maior. A variação do nível durante uma enchente pode ser de vários metros em poucas horas. A várzea de inundação de um rio cresce significativamente nos seus cursos médio e baixo, onde a declividade se reduz e aumenta a incidência de áreas planas.
Formas de Vertente	Quando o relevo é acidentado, as áreas mais propícias à ocupação são as planas e mais baixas, justamente aquelas que apresentam alto risco de inundação e que estão ocupadas pela população.
Precipitação Pluvial	As precipitações mais intensas atingem áreas localizadas e são em geral dos tipos convectivas e orográfica. Essas formas de precipitação atuam, em geral, sobre pequenas áreas. As precipitações frontais atuam sobre grandes áreas, provocando as maiores inundações dos grandes rios.
Cobertura Vegetal	A cobertura vegetal tem como efeito a interceptação de parte da precipitação, que pode gerar escoamento e proteção do solo contra a erosão. A perda dessa cobertura para o uso urbano tem produzido o aumento da frequência de inundações resultantes da falta de interceptação da precipitação e do assoreamento dos rios.

ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2018) baseado em Tucci (2005, p.42).

Os fatores das inundações em áreas urbanas, conforme cita Tucci (2005, p.42) são aqueles “provocados pela ação do homem, a saber: obras hidráulicas, urbanização, desmatamento, reflorestamento e uso agrícola”. Neste contexto, destacam-se os impactos decorrentes das obras hidráulicas e da urbanização. As alterações na rede de drenagem ocorrem por meio de duas maneiras distintas: diretamente, quando as alterações ocorrem no próprio canal fluvial (mineração e obras de engenharia - represas, retinilização, canalização, desvio do canal, entre outras); e, indiretamente, representado pelo uso e ocupação do solo (PARK, 1995; GREGORY, 2006 KANG & MARSTON, 2006).

No ambiente urbano, são detectadas reduções da sinuosidade dos rios, com a criação de extensos trechos retinilizados; canalização que inclui o revestimento das margens, leito e até mesmo do canal inteiro e o aumento na densidade de drenagem, por meio das galerias de águas pluviais (CHIN, 2006). Essas alterações, favorecem as inundações, onde os picos de vazão são atingidos em um espaço de tempo menor, e

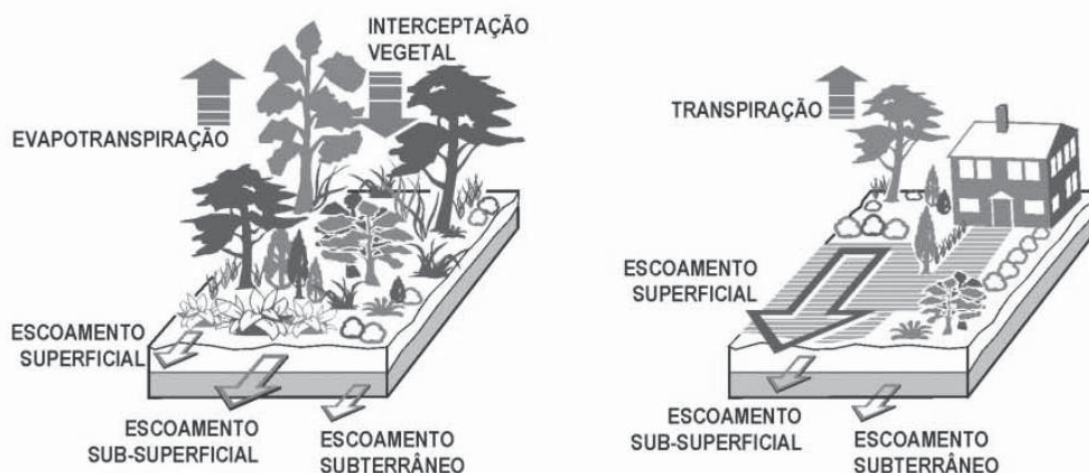
com menores quantidades de precipitação (BOOTH, 1991; TUCCI, 2002; 2003a; 2003b; BOTELHO E SILVA, 2010).

Wolman (1967) destaca três estágios em relação aos fatores das inundações em áreas urbanas: 1) estágio pré-desenvolvimento da cidade, onde as características naturais encontram-se em estado de equilíbrio; 2) estágio de construção da cidade, com um aumento na produção de sedimentos, que acabam por atuar na degradação dos canais; e 3) estágio urbano, que representa a constante impermeabilização do solo, com o aumento do escoamento superficial e erosão do canal.

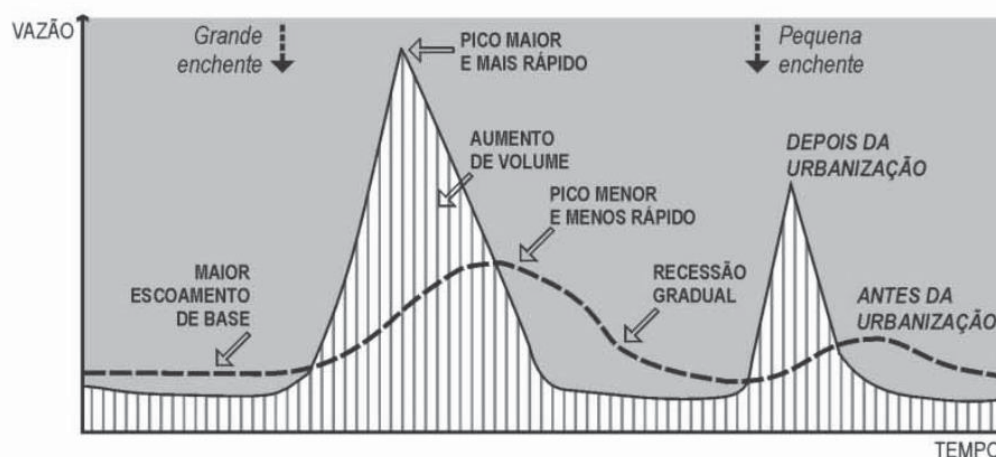
O segundo estágio marca as importantes alterações ambientais realizadas com o processo de uso e ocupação do solo para construção de cidades, que assim distinguem as dinâmicas de inundações em uma bacia urbana de uma bacia rural. Para exemplificar isso, Schueler (1987) classifica as alterações no uso do solo devido à urbanização, comparando o balanço hídrico, o escoamento e a resposta da geometria do escoamento em áreas rurais e urbanizadas (Figura 8).

FIGURA 8 - CARACTERÍSTICAS DAS ALTERAÇÕES DE UMA ÁREA RURAL PARA URBANA.

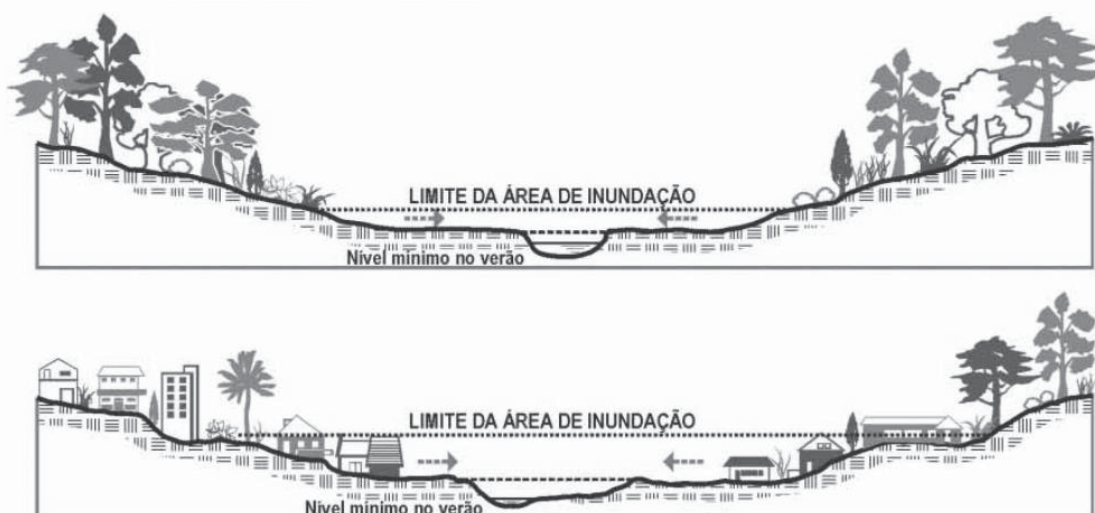
a. BALANÇO HÍDRICO



b. ESCOAMENTO



c. RESPOSTA DA GEOMETRIA DO ESCOAMENTO



FONTE: Schueler, 1987 apud Suderhsa, 2002, p.12.

O processo de uso e ocupação do solo, originou bacias hidrográficas urbanas que nem sempre consideraram a dinâmica natural da bacia, de modo que áreas de planícies de inundação são ocupadas de forma indevida. Com isso, evidencia-se alterações na rede de drenagem, por meio de modificações hidrodinâmicas no uso e ocupação do solo (KANG e MARSTON, 2006), que intensificam a frequência e a magnitude das inundações em áreas urbanas (TUCCI, 2003), constituindo o terceiro estágio citado por Wolman (1967). Neste estágio, conforme cita Tucci (2005, p.42) “a bacia urbana possui superfícies impermeáveis, tais como telhados, ruas e pisos, e produz aceleração no escoamento, por meio da canalização e da drenagem superficial”.

Com a finalidade de atuar no controle, na mitigação e na prevenção das inundações em áreas urbanas utiliza-se das medidas estruturais e não-estruturais. As medidas são fatores, que visam controlar os impactos negativos, decorrentes do processo de urbanização que altera a dinâmica natural da bacia hidrográfica. Tucci (2005) classifica as medidas em estrutural e não-estrutural, sendo que a primeira atua no sistema fluvial, enquanto que a segunda visa minimizar os prejuízos para a população, principalmente, com ações preventivas e de resposta, de modo que a sociedade crie uma proteção individual (*flood proofing*). Ainda, no âmbito da primeira medida, essa pode ser dividida em extensivas (obras na bacia) e intensivas (obras no rio) (TUCCI, 2005).

As medidas estruturais, de modo geral, são obras de engenharia que visam reduzir o risco de inundação (TUCCI, 2005). Simons et al., (1977) apresentam em um quadro as principais medidas estruturais, tanto no tipo intensivas quanto extensivas (Quadro 4), subdividindo as intensivas, em medidas que atuam no canal, no reservatório e na mudança do canal.

QUADRO 4 - AVALIAÇÃO DAS MEDIDAS ESTRUTURAIS DO TIPO INTENSIVAS E EXTENSIVAS NO CONTROLE DE INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS.

Medida	Principal vantagem	Principal desvantagem	Aplicação
Medidas extensivas			
Alteração da cobertura vegetal	Redução do pico de cheia	Impraticável para grandes áreas	Pequenas bacias
Controle de perda do solo	Reduz o assoreamento	Idem a anterior	Pequenas bacias
Medidas intensivas			
Diques e <i>polders</i>	Alto grau de proteção de uma área	Danos significativos caso falhe	Grandes rios e na planície
Melhoria do canal			
Redução da rugosidade por desobstrução	Aumento da vazão com pouco investimento	Efeito localizado	Pequenos rios
Corte do meandro	Amplia a área protegida e acelera o escoamento	Impacto negativo em rio com fundo aluvionar	Área de inundação estreita
Reservatório			
Todos os reservatórios	Controle a jusante	Localização difícil devido desapropriação	Bacias intermediárias
Reservatórios com comportas	Mais eficiente com o mesmo volume	Vulnerável a erros humanos	Projetos de uso múltiplos
Reservatórios para cheias	Operação com mínimo de pedras	Custo não partilhado	Restrito ao controle de enchentes
Mudança de canal			
Caminho da cheia	Amortecimento do volume	Depende da topografia	Grandes bacias
Desvios	Reduz vazão do canal principal	Idem ao anterior	Bacias médias e grandes

FONTE: Simons et al., 1977.

As medidas não-estruturais, em sua grande maioria, do são tipo preventivas e podem resultar de uma intervenção pública, privada ou mista. Tucci (2005, p.65) afirma que “as medidas não-estruturais, em conjunto com as anteriores ou sem essas, podem minimizar significativamente os prejuízos com um custo menor”. Com o objetivo de detalhar tais medidas, como realizado com as estruturais, elaborou-se o quadro 5, que apresenta as principais medidas não-estruturais e sua avaliação embasado na análise de Tucci (2005).

QUADRO 5 - AVALIAÇÃO DAS MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS DE CONTROLE DE INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS.

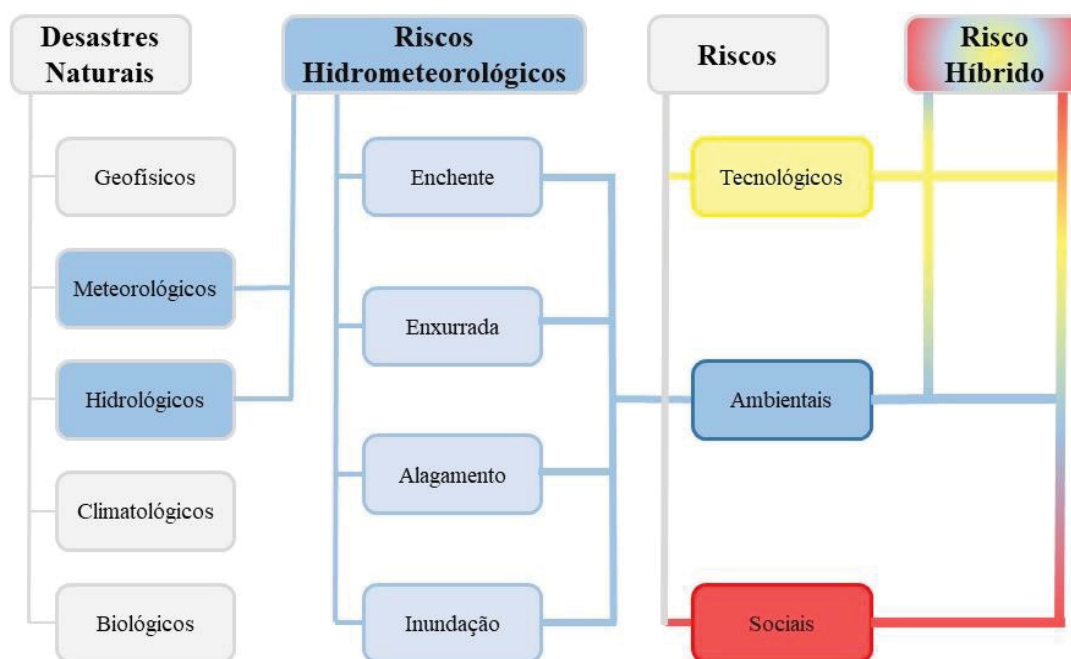
Medidas/Ações	Principal vantagem	Principal desvantagem	Aplicação
Sistema de previsão e alerta			
Instalação de equipamentos meteorológicos e hidrológicos	Possibilidade de monitoramento	Custo de instalação e manutenção	Áreas prioritárias da bacia
Centro de previsão	Emissão de alertas	Vulnerável a erros metodológicos e de transmissão de dados	Em universidades, institutos tecnológicos e de pesquisa
Defesa Civil	Apoio nas atividades	Demora no atendimento devido ao número de profissionais	Em todas as cidades
Zoneamento de áreas inundáveis			
Mapa de inundação de cidade	Conhecimento da área	Erros metodológicos	Em toda a bacia hidrográfica
Zoneamento	Restrição de ocupação das áreas de inundações	Dificuldades de implantação	Em toda a bacia hidrográfica
Construção à prova de enchentes			
Vedação nas aberturas das estruturas	Minimizar os impactos	Efeito pontual	Prioritariamente em áreas de risco
Elevação das estruturas existentes			
Novas estruturas sob pilotis			
Paredes ou diques			
Realocação das estruturas			
Uso de material resistente a água			
Cercamento da área de inundação			
Avaliação dos prejuízos das inundações			
Seguros	Auxílio para a população atingida	Custo financeiro	Na propriedade assegurada
Pesquisa da identificação da curva nível-prejuízo	Previsão de futuros impactos	Incerteza das técnicas	Em áreas de risco

ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2018) baseado em Tucci (2005).

3.2 BASES DA GESTÃO DE RISCO DE RISCOS DE DESASTRES

Embasado nos aportes conceituais de risco, de desastre e de gestão, e considerando as classificações de Dubois-Maury e Chaline (2002), Dauphiné (2003) e Veyret & Richemond (2007), ao abordarem os riscos em três categorias, a saber: os naturais, os sociais e os tecnológicos, elaborou-se um organograma para caracterizar as inundações no âmbito das classificações de risco e desastre adotada pelo EM-DAT (Figura 9). Esse organograma configura a formação conceitual da abordagem do risco híbrido, que são caracterizados por pertencer simultaneamente a mais do que uma dimensão (BUFFON e MENDONÇA, 2018).

FIGURA 9 - DELIMITAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DOS RISCOS HIDROMETEOROLÓGICOS.




ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2018).

As inundações (Figura 9), são uma combinação de desastres meteorológicos e hidrológicos, e estão inseridas na categoria de risco ambiental, pois resultam da associação entre os riscos naturais e os decorrentes de processos naturais agravados pela atividade humana e pelo uso e ocupação do solo (VEYRET & RICHEMOND, 2007). No entanto, Buffon e Mendonça (2018) e Buffon et al. (2018) ressaltam que,

determinados episódios emergem uma complexidade em definir apenas uma categoria de risco para os desastres, portanto, esses tornam-se riscos híbridos, que resultam de um produto combinado, de uma eventualidade com uma vulnerabilidade (VEYRET & RICHEMOND, 2007). Júnior Nascimento (2018, p.153) reforça que “muitas são as possibilidades de análise dos problemas ambientais que carecem de categorias e conceitos híbridos”.

Spink (2001) relata que a gênese do termo risco apresentou uma incorporação gradativa na sociedade, com o uso de fatalidade a fortuna primeiramente, e depois com o surgimento de hazard (século XII), perigo (século XIII), sorte e chance (século XV) e, risco (século XVI). Nas ciências, o conceito de risco evidencia diferentes orientações epistemológicas, conforme apontam Lieber & Romano-Lieber (2002, p.80). Com o propósito de caracterizar essas orientações, apresenta-se o quadro 6.

QUADRO 6 - TIPOLOGIA DO CONCEITO DE 'RISCO' E DE SUAS IMPLICAÇÕES TEÓRICAS.

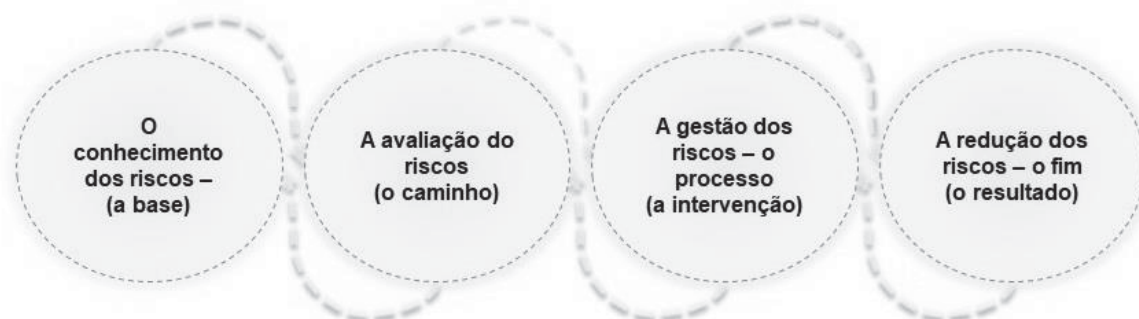
Referencial Ontológico / Epistemológico		Conceito de risco	Perspectivas/teoria para entendimento	Questões fundamentais
Orientação	Pressupostos			
Realista/ Objetivista	Mundo é uma realidade dada seguido leis científicas imutáveis.	'Risco' é um perigo objetivo, que existe e pode ser medido a margem do processo social e cultural.	Objetivismo radical	Qual é o 'risco' existente? Qual a lei (causa/efeito) que pode ser deduzida?
Realista condicionado		Idem, mas cuja interpretação pode ser distorcida ou enviesada conforme o contexto cultural e social.	Técnico científico e a maioria das teorias em ciência cognitiva	Idem + Como o 'risco' deve ser administrado? Como 'risco' é racionalizado pelas pessoas?
C O N S T R U C I O N I S M O	+ Fraco	'Risco' é um perigo objetivo, mediado necessariamente por um processo social e cultural e não pode ser estabelecido de forma isolada deste.	'Sociedade de risco' Estruturalismo crítico Algumas aproximações na psicologia	Qual é a relação do risco com a estrutura e o processo da modernidade atual? Como o risco é entendido em diferentes contextos socioculturais?
			Cultural/Simbólica Estruturalismo funcional Psicanálise Fenomenologia	Por que alguns perigos são tratados como riscos e outros não? Como o risco opera como uma medida de fronteira simbólica? Qual é a psicodinâmica das repostas dos riscos? Qual é o contexto situacional dos riscos?
	+ Forte	Não existe o 'risco' por si mesmo. O que se entende por 'risco' ou 'perigo' é um produto construído, decorrente de uma contingência histórica, política e social.	Pós-estruturalismo Teorias de 'governabilidade'	Como os discursos e práticas no risco operam na construção da vida subjetiva e social?
Relativista/ Subjetivista radical	O mundo percebido decorre de um processo social de criação. As coisas existem a partir dos nomes.	'Risco' e 'perigo' são apenas formas de linguagem.	Relativismo radical Contextualismo forte	Qual é a realidade construída com o uso do termo 'risco'?

FONTE: Lupton (1999) *apud* Lieber & Romano-Lieber (2002, p.80) adaptado.

Dentro desse complexo cenário de tipologias e conceitos de riscos, Reis (2012) elenca que os riscos devem ser classificados de acordo com sua área de incidência. Grande parte dos riscos, independentemente de suas classificações, são analisados evidenciando que a “possibilidade dos acontecimentos ou eventos futuros é definida a partir das probabilidades de ocorrência, calculada com base nos eventos do passado” (LIEBER & ROMANO-LIEBER, 2002, p.69). Aspecto esse demonstrado no quadro 3, a partir dos conceitos de riscos e suas questões fundamentais. Independente do conceito, Reis (2012, p.9) ressalta que, os riscos “devem ser identificados e analisados, possibilitando o planejamento de respostas”.

A diversidade dos conceitos de risco, apoiados em diferentes referenciais, promovem muitas dúvidas na sua incorporação em pesquisas científicas. Nesse sentido, Rebelo (2010) evidencia que o uso do termo risco, frequentemente, é acompanhado de outros termos, tais como: gestão, redução, avaliação e conhecimento. Tais termos, apresentam conceitos específicos e devem ser implementados em diferentes momentos da pesquisa. A figura 10, mostra o ciclo nas pesquisas de riscos, considerando a implementação desses conceitos.

FIGURA 10 - CICLO DE ANÁLISE DOS RISCOS.



ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2018).

Identificar a fase do ciclo de análise dos riscos, é passo primordial para definir um conceito de risco dentro de uma pesquisa. Mendonça (2010) apresenta que risco é um termo polissêmico e, por exemplo, concerne à ciência geográfica à análise dos riscos em que a representação e a gestão são acompanhadas de uma dimensão espacial. Rebelo (2010) descreve a importância de diferenciar o risco do perigo, isso porque nem sempre o perigo consiste no risco, e por hora a manifestação do perigo pode ser controlado, ou mesmo, o fenômeno que simboliza o perigo pode apresentar um recuo. Assim, a representação do risco não deve ser resumida em apresentar os

perigos naturais, mas necessita de uma abordagem integradora que apresente os perfis populacionais e os lugares mais vulneráveis e expostos (JÚNIOR NASCIMENTO, 2018).

Considerando a gama de definições sobre risco, compreende-se, nesta pesquisa, que o risco é caracterizado pelos eventos potenciais e suas consequências associadas. Nesse viés, aplica-se o termo risco nesta pesquisa para reconhecer, avaliar e mitigar os impactos decorrentes de desastres associados às inundações. Embase-se na UNDRR (2020) para definir risco nesta pesquisa como sendo o potencial de impacto resultante da exposição a um perigo (fenômenos hidrometeorológicos), que é avaliado com base na probabilidade de ocorrência dos perigos associado a uma condição de vulnerabilidade. Os riscos antecedem os desastres, portanto realizar sua gestão é possibilitar uma ação antecipatória que visam controlar os desastres.

Uma das prioridades do marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030 é a compreensão do risco de desastres. Essa compreensão clara do risco é fundamental para as políticas e práticas na gestão de risco, portanto cabe “uma compreensão clara do risco em todas as suas dimensões de vulnerabilidade, capacidade, exposição de pessoas e bens, características dos perigos e meio ambiente” (UNISDR, 2015, 15).

O cenário conceitual sobre desastres, também, é complexo e apresente uma diversidade de conceitos. Saito et al. (2015) ressalta que mesmo existindo consenso popular sobre a definição de desastres e seus termos associados, na dimensão acadêmica não há uma única definição até o momento que satisfaça a comunidade científica mundial e/ou nacional. Alguns termos são de uso recorrentes nas definições de desastres, tais como: sociedade, efeitos, impactos, danos e prejuízos.

O EM-DAT também oferece uma base conceitual que detém em escala mundial um banco de dados de desastres desenvolvido pelo *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (Cred, Centro de Pesquisa em Epidemiologia em Desastres), da Universidade de Louvain. De acordo com o EM-DAT, para o registro de um desastre é necessário a efetivação de pelo menos um dos 4 seguintes critérios: 1) dez ou mais pessoas mortas; 2) cem ou mais pessoas afetadas; 3) declaração de estado de emergência; 4) pedido de assistência internacional (SAITO et al., 2015).

No âmbito brasileiro existe um Sistema de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, do Ministério da Integração Nacional, que disponibiliza por meio do Programa de

Capacitação Continuada em Proteção e Defesa Civil da SEDEC/MI, um livro base sobre “Noções Básicas em Proteção e Defesa Civil e em Gestão de Riscos”, que apresente uma padronização de conceitos para uso no processo de gestão (Quadro 7).

QUADRO 7 - CONCEITOS BASE PARA O PROCESSO DE GESTÃO DE RISCO DE DESASTRE.

Termo	Conceito
Desastre	o resultado de eventos adversos, naturais, tecnológicos ou de origem antrópica, sobre um cenário vulnerável exposto a ameaça, causando danos humanos, materiais ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais.
Ameaça	um evento físico, potencialmente prejudicial, fenômeno e/ou atividade humana que pode causar a morte e/ou lesões, danos materiais, interrupção de atividade social e econômica ou degradação do meio ambiente.
Vulnerabilidade	exposição socioeconômica ou ambiental de cenário sujeito à ameaça natural, tecnológica ou de origem antrópica. “Indica como as condições preexistentes fazem com que os elementos expostos sejam mais ou menos propensos a ser afetados.
Risco de desastre	o potencial de ocorrência de ameaça de desastre em um cenário socioeconômico e ambiental vulnerável.
	Risco instalado: pode ser compreendido como o risco efetivo, atual ou visível existente e percebido em áreas ocupadas. A identificação do risco instalado é realizada com base na avaliação de evidências do terreno, ou seja, condições “visíveis” de que eventos adversos podem se repetir ou estão em andamento
	Risco aceitável: aquele que uma determinada sociedade ou população aceita como admissível, após considerar todas as consequências associadas ao mesmo. Em outras palavras, é o risco que a população exposta a um evento está preparada para aceitar sem se preocupar com a sua gestão.
	Risco tolerável: aquele com que a sociedade tolera conviver, mesmo tendo que suportar alguns prejuízos ou danos, porque isto permite que usufrua de certos benefícios, como por exemplo, a proximidade do local de trabalho ou a determinados serviços
	Risco Intolerável: risco que não pode ser tolerado ou aceito pela sociedade, uma vez que os benefícios ou vantagens proporcionadas pela convivência não compensam os danos e prejuízos potenciais
Gestão de risco de desastre	Risco residual: risco que ainda permanece num local mesmo após a implantação de programas de redução de risco. De uma maneira geral, é preciso entender que sempre existirá um risco residual, uma vez que o risco pode ser gerenciado e/ou reduzido com medidas de mitigação
	compreende o planejamento, a coordenação e a execução de ações e medidas preventivas destinadas a reduzir os riscos de desastres e evitar a instalação de novos riscos.

FONTE: Brasil, 2017, p.22-24.

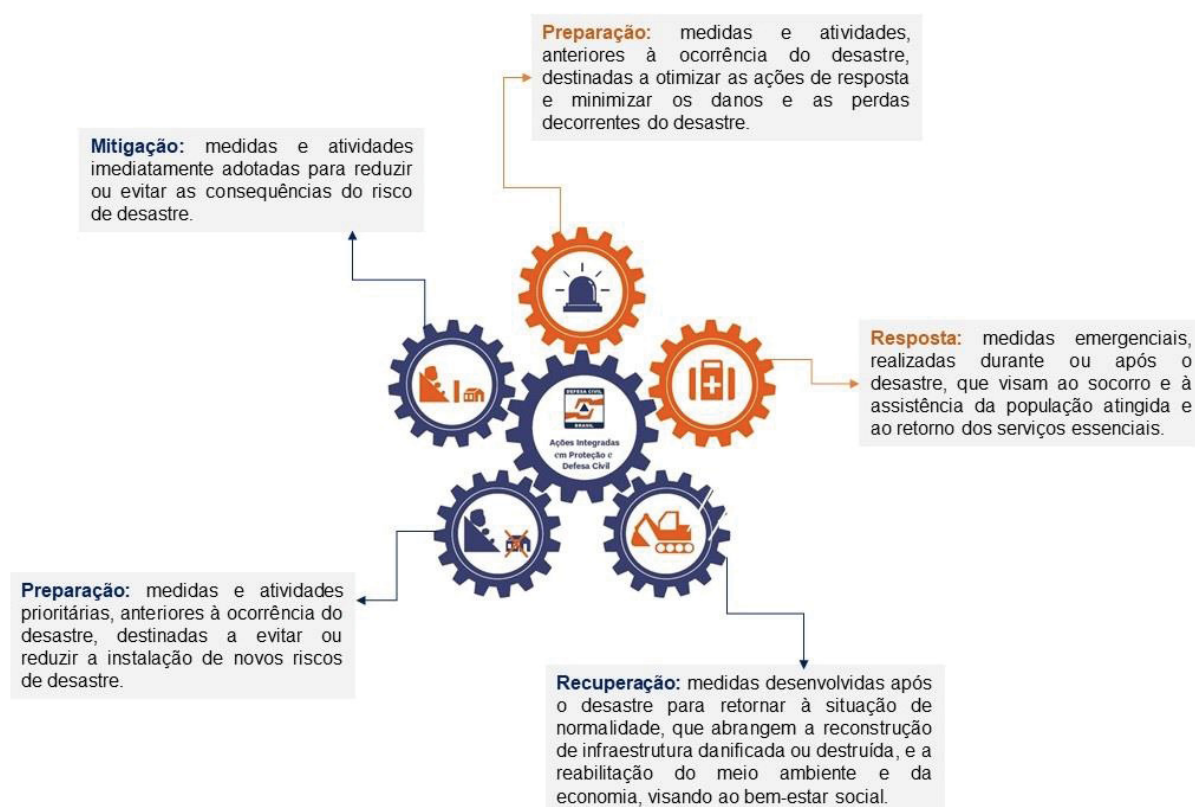
Essa padronização de conceitos em um livro base voltado a gestão, surge com o objetivo de apoiar na implementação da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil –

PNPDEC, dentro da perspectiva de gestão de risco adotada no Brasil. Conforme descreve Brasil (2017), a gestão de risco apresentou dois principais momentos, a saber: o primeiro embasado em uma visão mais tradicional, que empregou a proteção e defesa civil, com o viés de respostas aos desastres; enquanto que, o segundo é decorrente de um modelo de tendência internacional que trata da gestão sistêmica de risco, também, conhecida pela gestão integral de riscos de desastres (GREGÓRIO, et al. 2015).

A defesa civil na perspectiva do primeiro momento, no Brasil, concentrava suas atividades agrupada em quatro processos: prevenção, preparação, resposta e reconstrução (GREGÓRIO, et al., 2015). No segundo momento, com a elaboração da Lei nº 12.608 (BRASIL, 2012), as atividades são apoiadas na proposta da Eird (Estratégia Internacional para a Redução de Desastres), que caracteriza cinco macroprocessos inter-relacionados: prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação (GREGÓRIO, et al., 2015).

Nesse sentido, atualmente a gestão integral dos desastres é embasada na proposta da Eird (Estratégia Internacional para a Redução dos Desastres), que preconiza cinco macroprocessos inter-relacionados: prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. Esses macroprocessos são apresentados na figura 11, e caracterizados por suas atividades afins, conforme Brasil (2017).

FIGURA 11 - MACROPROCESSOS INTER-RELACIONADOS DA GESTÃO DE RISCO DE DESASTRES.



ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2018) baseado em Brasil (2017).

A adoção de uma proposta embasada na EIRD é importante, uma vez que indica uma unidade de interpretação para as pesquisas que auxiliam na tomada de decisões frente aos desastres. Brasil (2017, p.22), destaca que “um marco conceitual bem definido auxilia diretamente os processos de gestão, pois permitem a realização de análises comparativas e de evolução, favorecendo, portanto, ações de planejamento”.

O Relatório de Avaliação Global de 2019 sobre Redução de Riscos de Desastres (GAR) é uma iniciativa para reduzir o risco de desastres. Os resultados desse relatório visam, também, o fortalecimento da cooperação internacional por meio do desenvolvimento de estratégias, planos e políticas regionais e a criação de plataformas globais e regionais para a redução do risco de desastres (RRD) (UNDRR, 2019).

O GAR adota o Plano de Ação das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres para Resiliência, e enfatiza o desafio de “passar do gerenciamento de desastres para o gerenciamento de riscos. Pobreza, urbanização rápida, governança fraca, declínio dos ecossistemas e mudanças climáticas estão gerando riscos de

desastres em todo o mundo”, assim busca-se uma gestão integral dos riscos (UNDRR, 2019, p.29).

No âmbito do estado do Paraná, área mais específica de estudo desta pesquisa, a lei 18.5719/2015 institui a Política Estadual de Proteção e Defesa Civil que abrange as ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação voltadas à redução de desastres no Estado do Paraná. Para isso, apoia-se em uma configuração sistêmica que abrangem o Conselho Estadual de Proteção e Defesa Civil – CEPRODEC, a Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil – CEPDEC, as Coordenadorias Regionais de Proteção e Defesa Civil – CORPDEC, os órgãos de coordenação de proteção e defesa civil no município, os órgãos setoriais das três esferas de governo, e órgão de assessoramento que é o Centro de Estudos e Pesquisas sobre Desastres - CEPED/PR, da Casa Militar (PINHEIRO E PEDROSO, 2016).

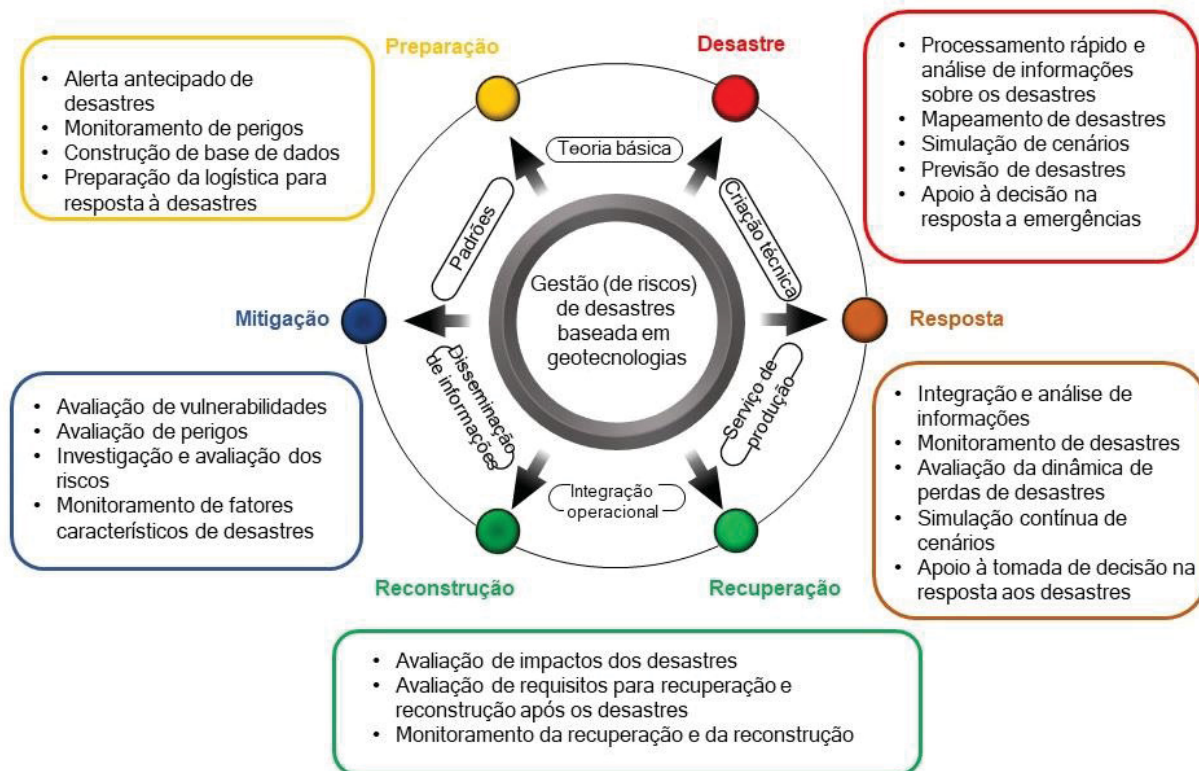
Com isso, ações do CEPED-PR demonstram a busca por uma gestão integral de riscos no estado. No anuário da Defesa Civil do Paraná constam ações de extrema importância do CEPED para a gestão de riscos, dentre elas destaca-se a Rede Estadual de Pesquisa, Ensino, Extensão e Inovação Tecnológica voltada à Redução de Riscos de Desastres (Redesastre). A partir dessa frente, estrutura-se ações associadas, tais como: Desenvolvimento de Portais para Gestão do Ensino à Distância e da Redesastre que possibilitam a oferta de cursos capacitação e assim buscam ações alinhadas frente aos planos de gestão do risco e de cidades resilientes no Paraná; e a criação de um Sistema Informatizado de Defesa Civil – SISDC (CEPED/PR, 2017).

As ações supracitadas permitiram enorme avanço na gestão de riscos no Paraná, visando a busca de gestão integral. Nesse sentido, Pinheiro (2016) cita o estado do Paraná como o primeiro no território nacional em que os municípios elaboraram planos de contingências, visando a estruturação para desastres a partir da delimitação das áreas de atenção. Stringari et al., (2019) cita como um projeto piloto desenvolvido pelo CEPED/PR a capacitação de profissionais de psicologia para intervenção em situações de desastres.

Frente a esses exemplos do Paraná, vários pautados no uso de tecnologias, destaca-se Gregorio et al., (2015, p.45) que ao afirmar que na execução de uma gestão integral de desastres “todos os macroprocessos podem contar com um forte apoio de

tecnologias em sua concepção, execução e avaliação”. A figura 12, caracteriza o uso das geotecnologias nesse macroprocesso, a partir de fases.

FIGURA 12 - AÇÕES NA GESTÃO DE RISCO DE DESASTRES E AS GEOTECNOLOGIAS.



FONTE: Yida et al. (2007, *apud* Gregorio, 2015, p.46).

A partir da leitura da figura 12, compreende-se que as geotecnologias auxiliam na gestão do risco de desastres, possibilitando a aplicação de metodologias para mapeamentos, medições, monitoramento, modelagem e gerenciamento (*management*). Nas pesquisas atuais sobre a avaliação das áreas com inundações é recorrente o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) que possibilitam a integração de diferentes elementos, especialmente com informações específicas (KAFLE et al., 2006; REBELO, 2010; GRASSI et al., 2013).

A qualidade das aplicações metodológicas, como ressalta Gregorio et al., (2015), não depende exclusivamente da correta aplicação das tecnologias, mas envolve diversos fatores, como descrito:

disponibilidade de pessoal qualificado e treinado, aparelhamento institucional adequado, participação ativa da população e sobretudo apoio político/envolvimento dos gestores públicos de diversas instâncias são decisivos para que a gestão integral de riscos de desastres ocorra na prática,

resultando efetivamente na redução de danos econômicos, ambientais e, principalmente, humanos (GREGORIO, et al., 2015, p. 65-66).

Nesse sentido, a gestão de risco remete a uma combinação de processos sociais e políticos que visam controlar ou reduzir o risco existente (VARGAS, 2010). Vargas (2010, p. 28) ressalta que a gestão de riscos “também é reflexo do desempenho da gestão pública, em forma de ações integradoras nos diferentes temas e instrumentos de desenvolvimento municipal; ações que compreendem o conhecimento e o gerenciamento do risco, assim como o gerenciamento de desastre”. Essas abordagens conceituais, auxiliam para a compreensão dos elementos e os fatores de inundações em áreas urbanas, apresentados no próximo item.

4 PROPOSIÇÃO CONCEITUAL DA INUNDAÇÃO ESTRUTURAL

4.1 ESTRUTURA CONCEITUAL

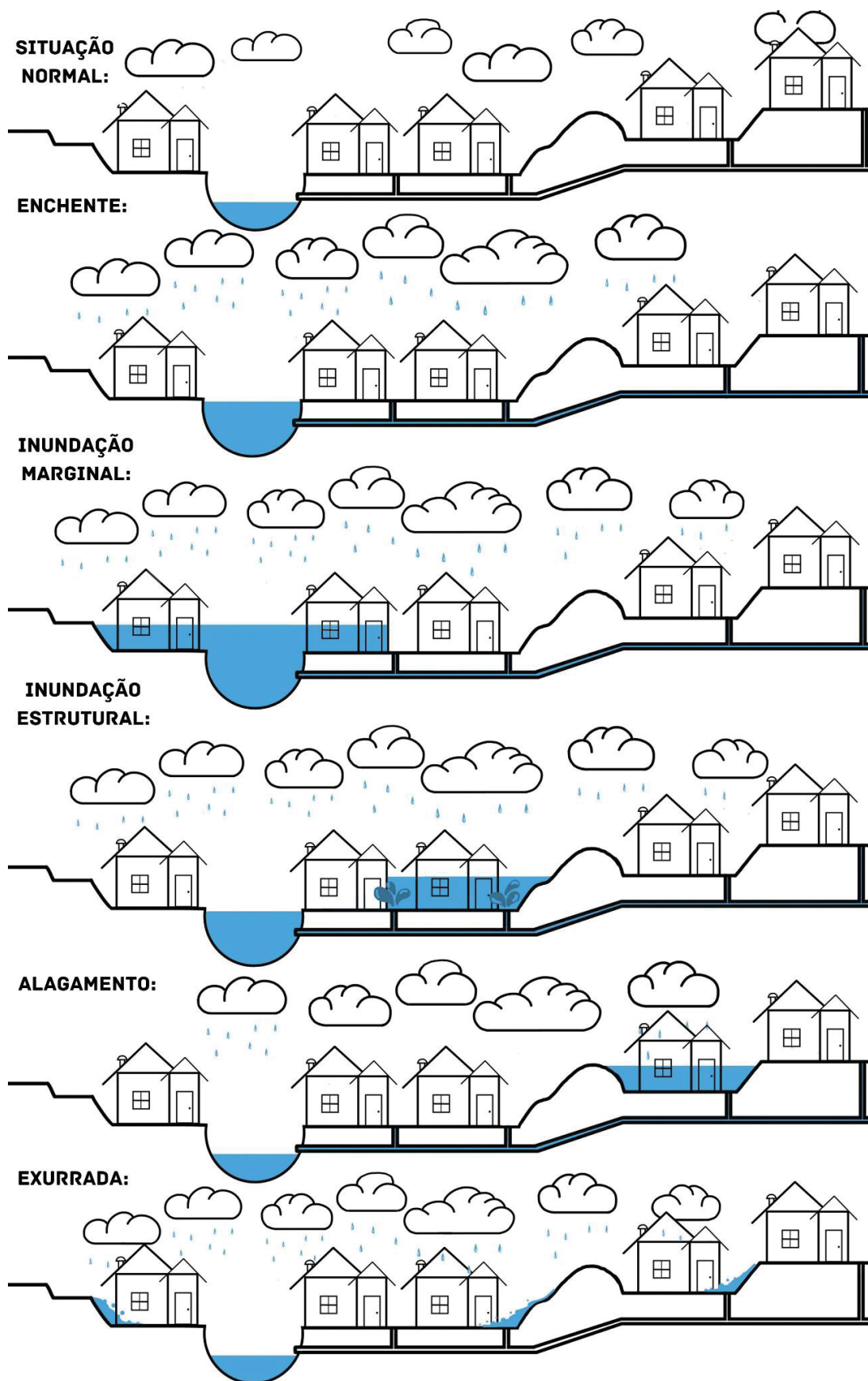
As metodologias para modelagem e mapeamento utilizam e adaptam diversos conceitos dos fenômenos de inundação. No entanto, devido aos resultados das análises realizadas nesta pesquisa, foi fundamental criar conceitos específicos dentro do conceito de inundação utilizado amplamente pelas metodologias.

Os conceitos relativos aos processos de alagamento, de enchente e de enxurrada não são especificamente adotados nas modelagens e mapeamentos. Mas, por suas semelhanças com inundações, demonstram que a diferenciação dos processos inerentes da gênese e da configuração espaço-temporal desses fenômenos é imprescindível para avanços no âmbito conceitual das inundações.

Os conceitos de inundações, alagamento, enchente e enxurrada são representados graficamente por meio da figura 13. Essa figura é ordenada de forma a representar graficamente os seguintes conceitos:

- (I) *Situação normal* relativo ao nível da água do rio.
- (II) *Situação de enchente* sem transbordamento da água do leito do rio pelas margens.
- (III) *Situação de inundação marginal* com transbordamento da água do leito do rio pelas margens.
- (IV) *Situação de inundação estrutural* sem transbordamento da água do leito do rio pelas margens, mas com ocorrência de refluxo da água pelas galerias que provocam inundações nas ruas.
- (V) *Situação de alagamento* com o nível da água do rio em situação normal, mas com pontos específicos de acumulação de água na rua devido aos problemas de escoamento pelo sistema de drenagem urbana.
- (VI) *Situação de enxurrada* com o nível do rio em situação normal, mas com porções íngremes do relevo com alta velocidade de escoamento da água.

FIGURA 13 – INUNDAÇÕES E FENÔMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS.


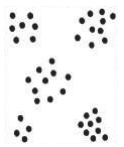

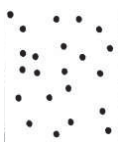


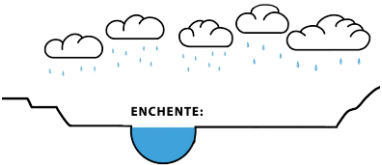


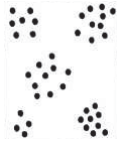


CONCEPÇÃO: Elaiz Buffon (2019). Desenho: Matheus Schmitz (2019).

Tanto quanto possível, procurou-se oferecer na figura 13 a representação gráfica dos conceitos em uma sequência lógica e com uma padronização no âmbito da ilustração das edificações, do sistema de drenagem e dos rios. No entanto, sabe-se que a realidade apresenta complexidades e não evidencia essa padronização representada, de modo que as áreas de risco, geralmente, são associadas aos lugares mais vulneráveis na dimensão social, ambiental e tecnológica, de forma que apresentam precárias condições de infraestrutura e habitações que diverge da padronização apresentada na ilustração.

No quadro 8 são elencadas representações gráficas em conjunto com os conceitos explicativos a partir dos referenciais teóricos, destacando as propostas de alterações no conceito de inundação. O quadro 8 é útil para orientar o raciocínio de analistas quando desejam fazer abordagens de risco de inundação, a partir de diagnósticos e prognósticos. Com isso, recomenda-se que ao desenvolver uma proposta metodológica para análise do risco de inundações utilize de fundamentos teóricos para desenvolver os processos de modelos metodológicos.

QUADRO 8 - FENOMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS: CONCEITO, REPRESENTAÇÃO E PADRÃO ESPACIAL DE OCORRÊNCIA.

Representação	Padrão Espacial	Termo e Conceito
	 Agregado	Enxurrada: “escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinadas drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial” (COBRADE, 2012, p.33).
	 Aleatório	Alagamento: extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequentemente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras

		infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas (COBRADE, 2012, p.33)
	 <p>Regular</p>	Enchente (cheia): elevação temporária do nível d'água em um canal de drenagem devida ao aumento da vazão ou descarga (MINISTÉRIO DAS CIDADES/IPT, 2007, p.90).
	 <p>Agregado</p>	Inundação marginal: processo de transbordamento da água do rio pelas áreas marginais (planície de inundação, várzeas ou leito maior do rio) quando a enchente atinge a cota acima do nível máximo da calha do rio. Devido aos efeitos da urbanização, as inundações são mais frequentes e segregadas em alguns pontos das áreas marginais.
	 <p>Aleatório</p>	Inundação Estrutural: processo de refluxo das águas do rio pelas galerias pluviais com saída da água para a superfície (ruas, calçadas) pelas bocas de lobo, bueiros e sumidouros, quando a enchente atinge a cota acima do nível máximo da calha natural do rio. Devido as condições dinâmicas do sistema de drenagem, as inundações são aleatórias e dependem da eficiência do escoamento da água no sentido inverso dentro desse sistema.

Desse modo, conceitua-se inundações como processos de acumulação das águas em áreas externas ao leito fluvial, com padrão que pode ser regular, agregado e aleatório. No ambiente natural, as planícies de inundações correspondem as áreas que acumulam essas águas. No ambiente modificado as áreas de acumulação não são limitadas as planícies de inundações, e estão relacionadas aos estágios de desenvolvimento das inundações em decorrência das modificações na rede de drenagem, que configuram dois tipos de inundações, a saber: inundação marginal e a inundação estrutural.

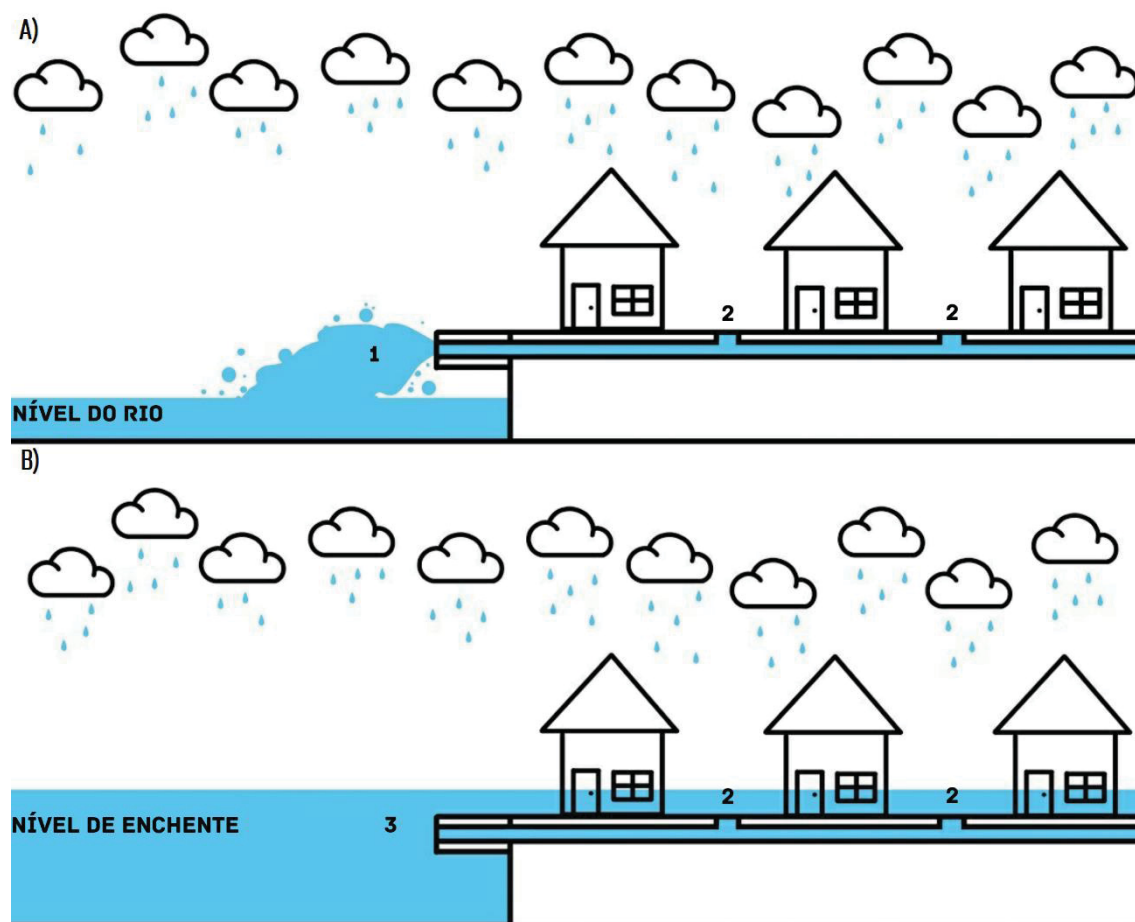
Considerando que a base explicativa de inundação marginal é amplamente conhecida e utilizada nas modelagens de riscos, caracteriza-se no próximo item um exemplo de inundação estrutural. Objetiva-se com esse exemplo, descrever a dinâmica espaço-temporal desse processo integrado a dinâmico espaço-temporal da precipitação pluvial. Ainda neste item, realiza-se uma análise do uso da modelagem de risco de inundação, sem considerar a distinção entre os processos de inundação marginal e estrutural.

4.2 INUNDAÇÃO MARGINAL E ESTRUTURAL: PROCESSOS E CONCEPÇÕES

Os exemplos utilizados para caracterizar o estágio 4 de desenvolvimento de inundações evidenciam a necessidade de caracterizar a inundação que ocorre sem o transbordamento da água do rio pela margem. Afirmou-se, a partir dos exemplos de campo, que a condição de enchente no rio é suficiente para provocar situações de inundações nas ruas. Nesse sentido, a fim de explorar essa afirmação, lança-se as seguintes problemáticas: 1) Quais são as fontes dos problemas de inundações não associadas ao transbordamento da água do rio pela margem? 2) Quais as diferenças de inundações com e sem transbordamento da água do rio pela margem?

A figura 14 ilustra a situação de inundação marginal, que é interpretada como aquela que ocorre associada ao transbordamento da água do rio pelas margens, a partir do transbordamento da água do rio (3) para as ruas, iniciando nas ruas ribeirinhas e atingindo dimensão espacial maior conforme a magnitude do evento. Neste exemplo, destaca-se que após a ocorrência de inundação marginal, o sistema de drenagem já não executa mais sua função, uma vez que o sistema é afetado pela inundação que se manifesta. Após o retorno da situação de normalidade, o sistema de drenagem volta a realizar sua função de escoamento da água da chuva.

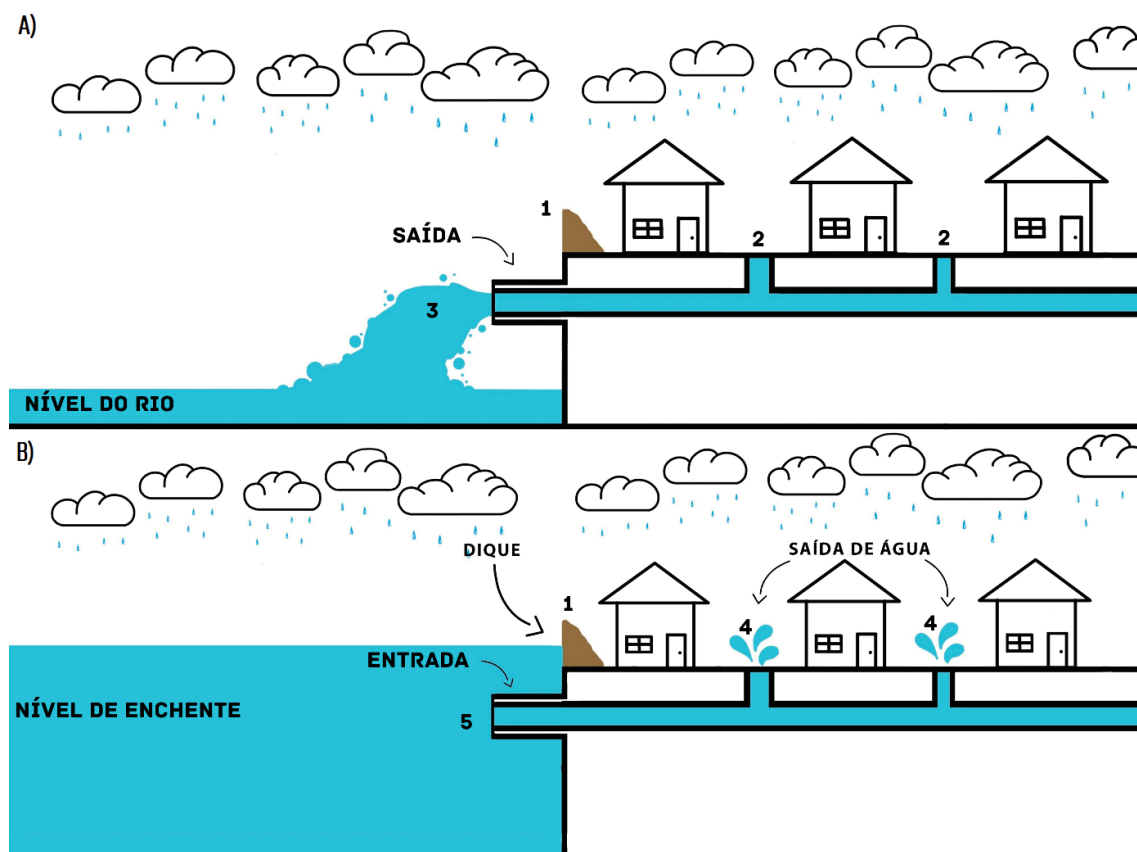
FIGURA 14 - INUNDAÇÃO MARGINAL.



CONCEPÇÃO: Elaiz Buffon (2019). Desenho: Matheus Schmitz (2019).

A figura 15 sintetiza o fenômeno de inundação estrutural, a partir da realidade planejada (A) com a medida estrutural, e da realidade constatada (B) com um novo processo de inundação decorrente da medida. O rio em situação de enchente, sem superfície livre (aberta) para transbordamento da água, inicia um processo de refluxo da água pelas galerias, até que a água encontre uma situação de equilíbrio, ou seja, encontre no mesmo nível de referência da altura da enchente do rio.

FIGURA 15 - INUNDAÇÃO ESTRUTURAL E A REALIDADE PLANEJADA E CONSTATADA.



CONCEPÇÃO: Elaiz Buffon (2019). Desenho: Matheus Schmitz (2019).

A construção de diques nas margens dos rios (1) apresentado na figura 36 é uma medida estrutural utilizada em muitas cidades brasileiras. O uso dessa medida associada com os problemas estruturais da rede de drenagem (2;3) pode provocar inundações, aqui denominadas de estruturais. As inundações estruturais iniciam nos pontos de ligação, dentro dos rios (5), que são a saída da água de escoamento que passam pelas galerias pluviais. Neste processo inverso, a água do rio que passa pelas galerias pluviais se acumula na superfície, a partir das bocas de lobo¹, bueiros² e sumidouros³ (4).

Com isso, as primeiras porções que são inundadas são justamente os locais que concentram bocas de lobo, bueiros e sumidouros. Após essa acumulação da água

¹ Bocas de lobo: Dispositivos localizados em pontos convenientes, em geral nas faixas de vias públicas paralelas e vizinhas ao meio-fio, para captação de águas pluviais. Desses dispositivos partem tubulações interligando-os à rede coletora. Esses dispositivos normalmente são implantados quando a rede coletora de águas pluviais fica sob as vias públicas ou canteiros centrais. As bocas de lobo se caracterizam por apresentarem apenas uma entrada, enquanto as bocas de leão se caracterizam por apresentarem três ou mais entradas (IBGE, 2011).

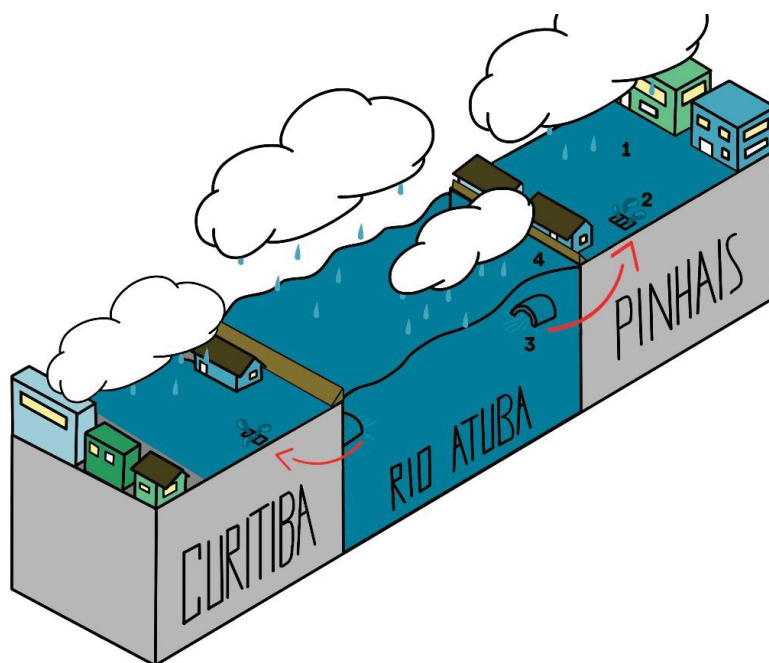
² Bueiro: Conduto fechado para a livre passagem da água superficial de drenagem sob estrada de rodagem, estrada de ferro, canal ou outra estrutura (IBGE, 2011).

³ Sumidouro: Dispositivo enterrado, normalmente cilíndrico, destinado a promover a absorção da parte líquida do esgoto pelo solo, podendo ser revestido com material que permite a infiltração no solo (IBGE, 2011).

nestas primeiras porções da superfície, inicia-se um processo de escoamento da água que segue as formas de vertente e o uso e ocupação do solo. No entanto, cabe destacar que esse nem sempre a limpeza e a estrutura da drenagem urbana, especificamente as galerias pluviais, bocas de lobo, bueiros e sumidouros, permitem com que esse processo inverso se realize e origine o que chamamos de refluxo da água pela drenagem.

Para exemplificar essa afirmação foi elaborada a figura 16, que detalha o rio Atuba em condição de enchente sem transbordamento da água pela margem, e as ruas de Pinhais e Curitiba com ocorrência de inundação.

FIGURA 16 - ILUSTRAÇÃO DOS PROCESSOS DA INUNDAÇÃO ESTRUTURAL.



CONCEPÇÃO: Elaiz Buffon (2019). Desenho: Matheus Schmitz (2019).

Na figura 16 apresenta-se a situação de inundação (1) que chega até a margem do rio, impactando a população que vive nessas áreas, porém não é decorrente do transbordamento da água pela margem do rio. Essa situação tem como fonte do problema o processo de refluxo pela drenagem urbana, que consiste na entrada da água do rio (3) para o sistema de drenagem urbana e saída da água (2) nas bocas de lobo, bueiros e sumidouros, inclusive nos ralos de banheiros se a rede de esgoto estiver inadequada e associada a rede pluvial.

Associado a esses processos, identificam-se a construção de diques (4) que visam impedir o transbordamento da água e alteram o nível de enchente. Essa

alteração, torna o nível da enchente superior ao nível de saída de água na rua (2) pelo sistema de drenagem. A construção de obras, que na essência visam controlar, prevenir e mitigar o problema, podem contribuir para o aumento da magnitude de inundações devido a ineficiência dessas obras. A figura 17 apresenta exemplos de galerias pluviais conectada (3) no rio e que promove o início do processo de refluxo.

FIGURA 17 - FOTO ILUSTRATIVA DA GALERIA PLUVIAL CONECTADA AO RIO ATUBA NA CIDADE DE PINHAIS.



ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2019).

Com isso, compreende-se que o sistema de drenagem de águas pluviais que desaguam diretamente nos rios ou em canais associados segue o princípio dos vasos comunicantes, proposto por Simon Stevin. Pesquisas como as de Comunello (2001), Teresina (2012), Fendrich e Malucelli ([2015]) e Silveira (2015) corroboram com o entendimento do sistema de drenagem urbana a partir do sistema de vasos comunicantes.

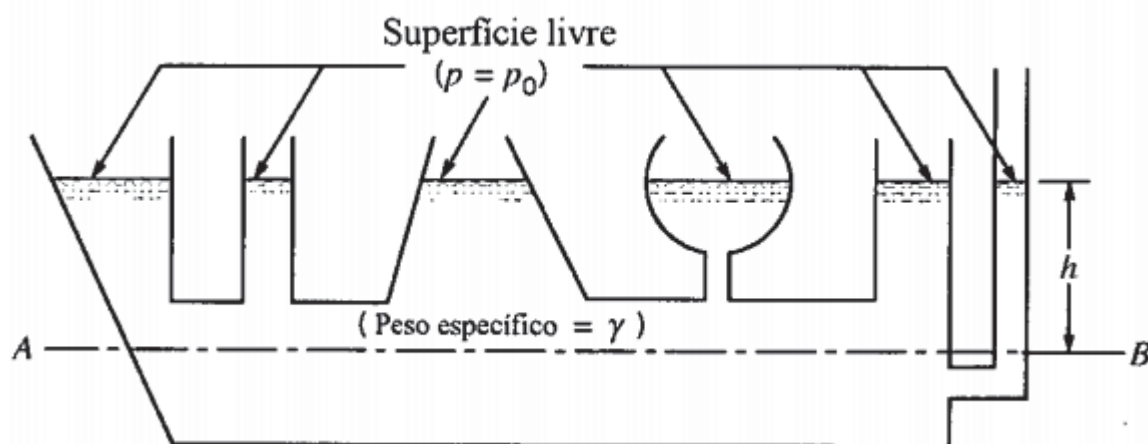
Para explicar essa dinâmica dos rios associado ao sistema de drenagem de água pluviais utiliza-se do estudo de fluidos, no âmbito da hidrostática para analisar o fenômeno (a gênese do problema), e da hidrodinâmica para avaliar (mensuração, mapeamento, modelagem) as áreas com inundações. Os fluidos compreendem líquidos e gases; mais especificamente são corpos facilmente deformáveis, com

capacidade de escoar e não resistentes em relação as forças paralelas a superfície (HALLIDAY, 2016).

Dentro do estudo de fluidos, é relevante diferenciar a situação de equilíbrio estático ou movimentando-se sem que as partículas adjacentes apresentem movimento relativo (hidrostática), e as situações de movimento/escoamento (hidrodinâmica) (MUNSON, YOUNG, OKIISHI; 2011). Na primeira os objetos podem ser tratados como corpos rígidos, já na segunda é necessária a decomposição do fluido em frações menores, possibilitando a análise da dinâmica dessas partes, de forma que justapostas configuram o comportamento dos sistemas fluídicos (MUNSON, YOUNG, OKIISHI; 2011).

No estudo de sistemas fluídicos, torna-se necessário compreender os conceitos de pressão e massa específica. A pressão (p) é definida como a força normal por unidade de área (isto é $P = F/A$), já a massa específica (ρ) é a razão entre a massa de uma substância pelo volume por ela ocupado (ou seja, $\rho = m/V$). Considerando sistemas em que se aplicam análises hidrostáticas, Nussenzveig (2002, p. 4) definiu que “a condição de equilíbrio é que a resultante de todas as forças (volumétricas e superficiais) sobre o cilindro se anule” (Figura 18).

FIGURA 18 - EQUILÍBRIO DE UM FLUIDO EM UM RECIPIENTE DE FORMA ARBITRÁRIA.



FONTE: Bruce R. Munson , Donald F. Young , Theodore H. Okiishi. 2004.

Tais grandezas físicas podem ser relacionadas matematicamente através do Teorema de Stevin, segundo o qual $p = p_0 + \rho gh$, onde:

p = pressão no ponto considerado

p_0 = pressão no nível de referência

ρ = massa específica do fluido que constitui o sistema

g = aceleração da gravidade no local

h = altura em relação ao nível de referência

Nesse viés, ressalta-se também o Princípio de Pascal, segundo o qual a pressão aplicada a um fluido é transmitida integralmente a todas as partes do fluido e às paredes do recipiente (HALLIDAY, 2016). Com base nesses conceitos, depreende-se que a propagação de energia e matéria nos fluidos envolvidos no processo de refluxo da água do rio pelas galerias pluviais seguem a teoria hidrostática.

Neste sentido, o mapeamento e a modelagem das áreas com inundações estruturais em áreas urbanas é um desafio que instiga novas metodologias. De antemão, torna-se imprescindível caracteriza o tipo de inundação que ocorre na área que se pretende realizar o diagnóstico. Com vistas a analisar e diagnosticar as inundações é fundamental que se construa uma metodologia específica frente a realidade, de forma que se recomenda considerar o tipo de inundação e as particularidades da área.

Neste âmbito, retoma as discussões sobre a hidrodinâmica apresentada anteriormente, isso porque o modelo de inundação utilizado nas análises anteriores, e também em diversos estudos de inundações, são modelos hidrodinâmicos que visam caracterizar a condição de transbordamento da água pela margem do rio. Dessa forma, compreende-se que a dinâmica das áreas de inundações é caracterizada a partir do movimento da água do rio em dadas condições de vazão, bem como do movimento da água a partir do escoamento da água nas áreas inundadas.

Nussenzveig (2013) destaca que esses movimentos, no âmbito desta pesquisa tanto da água do rio quanto do escoamento na rua, são afetados pela ação de “forças”, as quais capazes de alterar o estado de movimento dos corpos (iniciar o movimento, frear ou acelerar objetos). Devido a isso, para caracterizar o escoamento da água do rio em eventos de inundações algumas pesquisas utilizaram o modelo digital de superfície.

A utilização de modelos hidrodinâmicos é decorrente da necessidade de descrever o movimento das partículas que configuram a dinâmica dos fluidos na superfície (MUNSON, YOUNG, OKIISHI; 2011), neste caso a água do rio e da chuva em contextos de inundações. Através do comportamento de tais partículas, o sistema macroscópico pode encaixar-se em classes distintas de escoamento. Conforme

Nussenzveig (2002), os principais tipos de escoamento com as características de seus campos constituintes são:

- (I) Laminar – quando as partículas percorrem trajetórias paralelas;
- (II) Estacionário – quando velocidade e pressão em determinado ponto permanecem constantes no tempo;
- (III) Não estacionário – quando velocidade e pressão tem caráter instável, variando com o tempo;
- (IV) Turbulento – um caso extremo do regime não estacionário em que há variações bastante rápidas e irregulares.

Com isso, o modelo hidrodinâmico utilizado para identificar as áreas de inundações por meio de modelagem e mapeamentos visa descrever a previsão de um tipo de escoamento turbulento. Desse fato resulta a complexidade da modelagem e dos mapeamentos representar a realidade. Munson, Young e Okiishi (2011) destaca que existem restrições para o estudo dos sistemas fluídicos no que diz respeito a modelagem dos mesmos.

É possível aproximar o comportamento de fluidos reais, porém a consideração de características que propiciariam precisão às análises é complexa (MUNSON, YOUNG E OKIISHI, 2011). Diante disso, compreende-se que a modelagem e mapeamentos que visam identificar as áreas de inundações baseados em modelos hidrodinâmicos envolvem fatores complexos e em constantes transformações. Essas transformações são tanto em decorrência da viscosidade muito baixa da água quanto das alterações de fatores que propiciam precisão às análises, especialmente em áreas urbanas.

A complexidade dos fatores para precisão das análises de modelagem e de mapeamentos das áreas de inundações é identificada nos dois tipos de inundações aqui diferenciados. Na inundação marginal, os fatores antrópicos que se apresentam tanto em medidas estruturais e não estruturais alteram a dinâmica do transbordamento da água pelas margens do rio, criando um padrão agregado de inundações. Essa alteração da dinâmica, no que se refere as medidas estruturais, é estudada por Tucci (2003).

A inundação do tipo estrutural é resultado direto dos fatores antrópicos, visto que resulta de problemas no sistema de drenagem em áreas urbanas. A modelagem e o mapeamento das áreas de inundação estrutural são ainda mais complexos do que na marginal. É preciso incluir na modelagem e no mapeamento as áreas de gênese da

inundação estrutural, que apresentam bocas de lobo, bueiros e sumidouros. A dinâmica do escoamento da água do rio que causa inundação estrutural inicia nessas áreas, que podem ser totalmente modificadas pelas medidas estruturais e não estruturais constantemente.

Um exemplo, refere-se à obstrução das bocas de lobo, bueiros e sumidouros que impedem o fenômeno de refluxo da água e, e em conjunto com isso, também não realizam o objetivo principal dessa estrutura. Ou seja, os fatores das inundações estruturais são dinâmicos no espaço e no tempo, o que amplia a sua complexidade, e cria um novo padrão de inundação que passar a ser aleatório a partir dessas estruturas e do seu funcionamento no período de inundação. Atrelado isso, também se torna comum, não ser de fácil identificação na realidade o que é um episódio de inundação estrutural e de alagamento. No próximo item essa discussão conceitual é apresentada visando colocar em destaque os conceitos de inundação marginal e estrutural.

4.3 DESENVOLVIMENTO DAS INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS

Como todo processo complexo, as inundações em áreas urbanas admitem uma visão sistêmica, com estágios de desenvolvimento e diferentes elementos e fatores na sua gênese. Embora esse processo tenha sua gênese em um elemento natural (precipitação pluvial), é possível vincular os fatores artificiais na configuração das inundações em áreas urbanas.

Carneiro e Miguez (2011, p.34) descrevem que “o processo de ocupação urbana provoca, então, mudanças significativas na situação original de equilíbrio”, promovendo alterações na dinâmica das inundações. Um exemplo de alteração na dinâmica das inundações é citado por Leopold (1968), quando conclui que os picos de inundações em áreas urbanas podem ser 6 vezes maiores que nas condições naturais. Tucci (2005), ao estudar áreas urbanas do Brasil, relatou o aumento da magnitude e frequência das inundações e seus riscos associados, devido a impermeabilização do solo.

A avaliação da configuração das inundações deve ser observada tanto em termos quantitativos (aumento da magnitude e frequências das inundações) como, especialmente, em relação aos fatores antrópicos que condicionam a sua dinâmica espacial nas cidades. Dessa maneira, o espaço urbanizado, que se identifica a partir do

uso e ocupação da terra, constitui o núcleo do processo de inundação mantendo relações íntimas com as bacias hidrográficas.

Tucci (2003, p.100) analisou os impactos decorrentes da gestão na macrodrenagem em áreas urbanas, e afirmou que “o controle atual do escoamento na drenagem urbana tem sido realizado de forma equivocada”. Os princípios dos projetos de drenagem utilizado é de que “a melhor drenagem é a que retira a água pluvial excedente o mais rápido possível do seu local de origem” (TUCCI, 2003, p.100).

A aplicação desse princípio na drenagem urbana, por meio de ações de gestão em cidades do Brasil no século XX, provocou alterações na configuração das inundações, de modo a concentrar as inundações em determinados pontos do leito fluvial (TUCCI, 2003). Para explicar essas alterações, Tucci (2003) classificou as inundações em áreas urbanas a partir de 3 estágios que apresentam impactos na macrodrenagem das cidades. A seguir são caracterizados cada um dos estágios, a fim de melhor compreender o desenvolvimento da drenagem e as inundações associadas no âmbito das cidades brasileiras. Assim, Tucci (2003, p.100) descreve

Estágio 1: a bacia começa a ser urbanizada de forma distribuída, com maior densificação a jusante. Com a impermeabilização e o uso de condutos, nos locais de seção de pequena ou mudanças declividade ocorrem inundações (figura x). Nesse momento, a bacia está parcialmente urbanizada (geralmente ocorre de montante para jusante).
Estágio 2: as primeiras canalizações são executadas a jusante, com base na urbanização atual, com isso, aumenta o hidrograma a jusante do trecho canalizado (figura x).
Estágio 3: com a expansão da urbanização para montante, juntamente com a canalização, o aumento das vazões máximas e dos volumes se tornam significativos, retornando as inundações em trechos anteriormente canalizados, e reiniciando uma nova rodada de aumento de seções. A canalização simplesmente transfere a inundação para jusante (figura x).

No início do século XXI, as soluções para o estágio 3 do desenvolvimento da drenagem em áreas urbanas apresentou uma grande complexidade. Isso porque, conforme é citado por Tucci (2003, p.100) “já não existe espaços laterais para ampliar os canais a jusante, e as soluções convergem para o aprofundamento do canal, com custos extremamente altos”.

Com a ocupação da área de inundação ribeirinha associada a impermeabilização e canalização do escoamento urgia a necessidade de projetar novas medidas estruturais para controlar, prevenir e mitigar as inundações em áreas urbanas que, no século XXI até a presente década, aumentaram em magnitude e

frequências. No entanto, a demanda de espaço para implantação de grande parte das medidas estruturais não convencionais, resulta na dificuldade de gestão de drenagem urbana, e por consequência, na gestão de inundações.

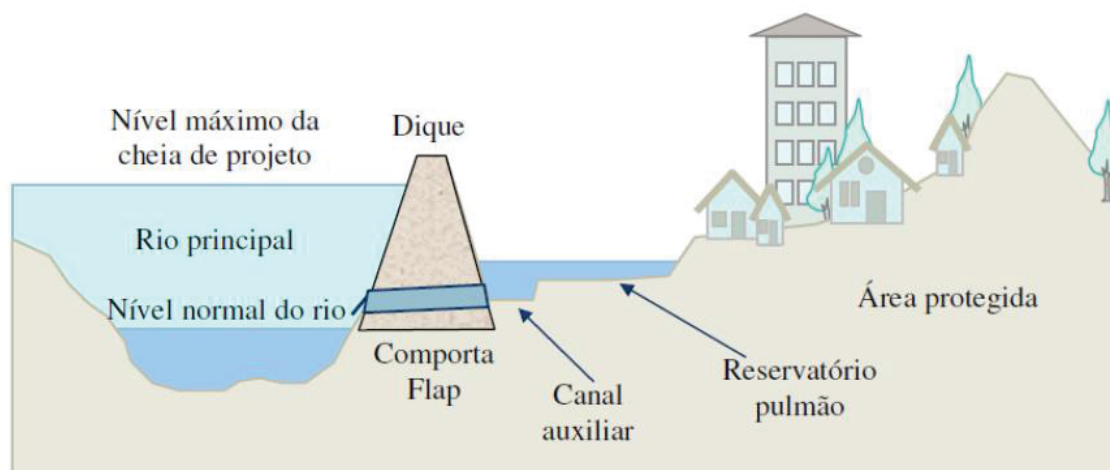
No Brasil, poucas foram as iniciativas ou implantações para medidas estruturais extensivas, que atuam na bacia hidrográfica, a grande maioria das medidas estruturais são implantadas em rios (sendo intensivas). Um dos principais fatores para isso, refere-se ao fato de que os planos diretores de drenagem urbana, incluindo as propostas de medidas estruturais, propõem aplicações a partir dos limites territoriais e não das bacias hidrográficas.

Nesse sentido, os três principais tipos de medidas estruturais utilizadas para solucionar os problemas caracterizados no estágio 3, envolvem ações no escoamento, na função de aceleração, retardo e desvio. Para promover aceleração é realizado a construção de diques, dragagem e corte de meandros, enquanto que para o retardo são utilizados reservatórios e bacias de amortecimento. Para o desvio, torna-se necessário a construção de canais de desvio.

Devido a densa ocupação em áreas ribeirinhas, especialmente, em grandes cidades que apresentam uma mancha urbana contínua com processo de conurbação, tornou-se difícil construir reservatórios e bacias de amortecimento, e mesmo canais de desvio do rio. Com isso, visando controlar, prevenir e mitigar os problemas de inundações resultantes do estágio 3 do desenvolvimento da drenagem, iniciou-se a construção de diques e dragagens nos rios urbanos.

Os diques promovem elevação da margem do rio, por meio de barramento, e possuem como objetivo impedir o extravasamento da água para as regiões ribeirinhas ocupadas pela urbanização. Verol et al., (2011, p.3) apresenta a partir de Carneiro e Miguez (2011) um esquema de funcionamento de um polder (figura 19) associado a construção de um dique.

FIGURA 19 - REPRESENTAÇÃO DA CONSTRUÇÃO DE UM DIQUE E AS POSSIBILIDADES DE ESCOAMENTO DA ÁGUA.



FONTE: Verol et al., (2011, p.3).

Carneiro e Miguez (2011, p.129) descrevem dois tipos de diques, a saber:

Tipo 1: podem oferecer proteção contra as inundações de uma determinada região marginal, sem que haja confinamento do escoamento no rio principal, protegendo-se apenas uma margem do curso d'água, portanto sem elevação do nível d'água. Tipo 2: proteção contra inundações de uma determinada região com confinamento do escoamento, estreitando a seção transversal do curso d'água, o que provoca elevação do seu nível d'água. Ele também potencializa a eficiência hidráulica do rio, aumentando sua velocidade e condutância.

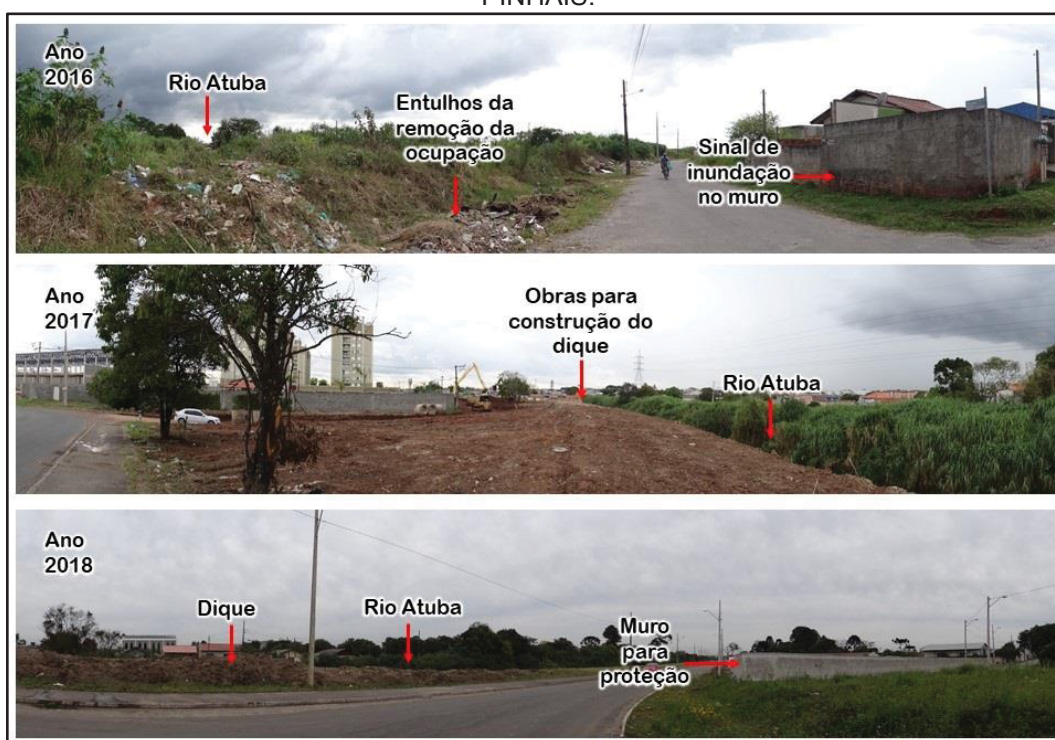
Os dois tipos de diques, em áreas ribeirinhas ocupadas pela urbanização, precisam estar associados a construção de canal auxiliar, e em alguns casos reservatório pulmão. Caso contrário, o dique pode ocasionar enormes impactos para a população, por isso, conforme aponta Carneiro e Miguez (2011, p. 130) “o projeto e a construção de dique devem ser criteriosos” e “apresenta custos muito altos e representa uma alteração enorme do sistema de drenagem natural, com risco associado a um possível rompimento dos diques”.

Uma análise em Pinhais acerca da construção de diques demonstra a tentativa de construção de diques sem a implantação de canal auxiliar e de reservatório pulmão. Identificaram-se obras para aumentar o nível da margem do rio superior à margem da rua, visando impedir o extravasamento da água do rio em casos de enchentes, ou seja, aumenta-se o nível de enchente do rio.

A figura 20 “B” apresenta obras sendo executadas para aumentar o nível da margem do rio Atuba no ano de 2016. A figura 20 “A” ilustra as diferenças de elevações

na margem do rio Atuba, durante fase de obras, que se assemelham a construção de diques, e possuem como objetivo impedir o extravasamento da água do rio pela margem em casos de enchente. A figura 20 “C” caracteriza outra porção do rio Atuba com as margens do rio superior ao nível da rua. No entanto, a figura 20 “C” demonstra pelo registro (cor mais escura) no muro da residência que a área continua sendo afetada por inundações, mesmo com as obras de elevação da margem do rio.

FIGURA 20 - FOTOS REPRESENTATIVAS DA CONSTRUÇÃO DE DIQUE NO RIO ATUBA EM PINHAIS.



ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2020).

Nesse sentido, a análise realizada no capítulo anterior demonstrou que a implantação de diques (elevação do nível da margem) no Rio Atuba não foi eficaz para erradicar o problema de inundação. A figura 21 exemplifica que a medida de elevar o nível da margem do rio Atuba já existia desde 2014, e que tal obra é eficiente em impedir o transbordamento da água do rio pela margem. No entanto, a mesma figura 21 demonstra que as áreas continuam sendo afetadas por inundações, que inclusive chegam até a margem do rio, porém sem ocorrer o transbordamento. De antemão, acredita-se que essas inundações resultam de processos distintos, e se relacionam diretamente ao sistema de drenagem das águas pluviais associado a dinâmica hidrológica do rio.

FIGURA 21 - FOTOS REPRESENTATIVAS DA OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÃO EM ÁREA COM DIQUE.



Fotos: Defesa Civil de Pinhais (2014), Google (2011, 2014), Elaiz Buffon (2018).

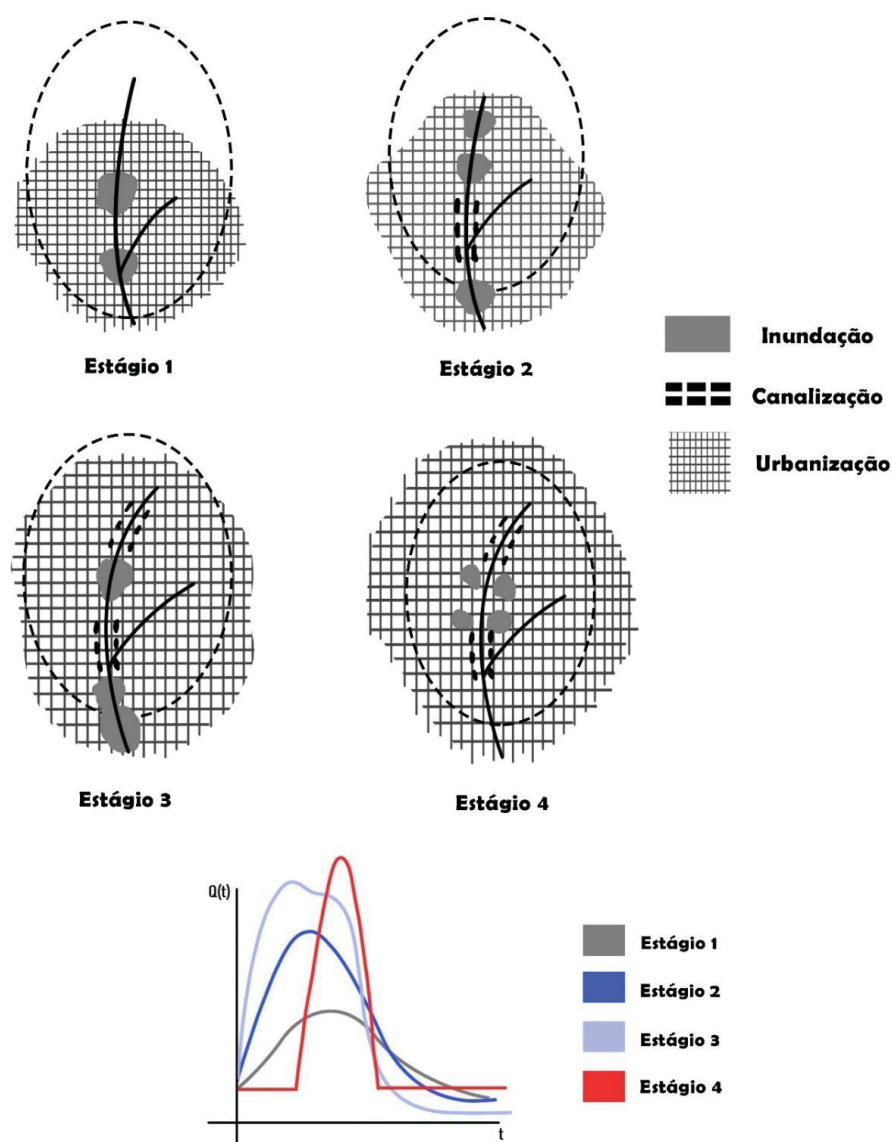
ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2020).

Na compilação de fotos na figura 21 são apresentadas 3 fotos que caracterizam a condição da margem do rio Atuba, localizado nas proximidades da rua Paranaíba, nos anos de 2011, 2014 e 2018. A foto do ano de 2011 retrata a área sem a presença do dique, e as fotos de 2014 e 2018 representam a área com a presença do dique, que possui como finalidade evitar o transbordamento da água do rio pela margem em condições de eventos pluviais extremos.

As outras duas fotos, destacam dois eventos de inundações na rua Paranaíba no bairro Weissópolis em Pinhais, uma no dia 06 de junho de 2014, e a outra no dia 14 de março de 2018, ambas no mesmo ponto, porém com fotos em ângulos distintos. Nestas duas fotos (figura 21) é visível a situação de inundação em uma porção da rua, bem como a condição de enchente do Rio Atuba e sua margem mais elevada em relação a rua, que evitou o transbordamento da água. Assim, exemplifica-se o surgimento de um novo estágio no desenvolvimento de inundações em áreas urbanas (figura 22).

A figura 22 sintetiza a espacialização dos quatro estágios de desenvolvimento das inundações associado a drenagem em áreas urbanas. Em conjunto é apresentado um hidrograma de escoamento, ressaltando a vazão e o tempo em cada um dos estágios. Neste estágio, aqui denominado de 4, verifica-se que as áreas de inundações são desagregadas da margem do rio, e seguem um padrão espaço-temporal ainda não conhecido. Neste sentido, é preciso investigar se o esse estágio 4 de desenvolvimento de inundação possui relação com o sistema de drenagem.

FIGURA 22 - ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO DA DRENAGEM E DAS INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS.



ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2020) modificado de TUCCI, 2003, p.101.

Nota-se que existe uma diferença significativa na concepção de vazão e tempo, isso porque neste estágio 4, a vazão e o tempo são constantes e representam a

situação de enchente no rio, porém existe um pico de vazão em um tempo curto que caracteriza o início da inundação desagregada da margem do rio. De acordo com Fendrich e Malucelli ([2015, p.1])

na ocorrência de uma chuva intensa sobre a área de drenagem contribuinte a um canal, cujo tempo de recorrência (T_r) seja superior ao utilizado para a determinação da vazão de projeto (Q), utilizada no dimensionamento do canal de macrodrenagem urbana, teremos como consequência a extravasão do mesmo.

Outro exemplo, que demonstra essa situação de inundação sem transbordamento da água do rio pela margem é o registro na rua Rio Paraná no bairro Weissópolis em Pinhais (figura 23). Nesta foto (figura 23) chama atenção o efeito da boca de lobo na situação de inundação, de forma a surgir questionamentos sobre a função desse dispositivo instalado na via pública para promover a drenagem das águas pluviais que se acumulam na via.

FIGURA 23 - FOTOS REPRESENTATIVAS DA INUNDAÇÃO ESTRUTURAL PERTENCENTE AO ESTÁGIO 4.



Fotos: Defesa Civil de Pinhais (2019) e Trabalhos de Campo (2019).

ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2020).

Na figura 23 é perceptível que existe um escoamento de água pela boca de lobo. Assim, lança-se o questionamento de qual era o motivo que essa boca de lobo não

realizou sua função e a água de acumulou na rua? Esse processo pode ser denominado de alagamento? Ou consiste em um novo tipo de inundação, que altera a função desses equipamentos de escoamento da água pluvial das ruas?

Esse estágio 4 de desenvolvimento das inundações, que não decorre de transbordamento da água do rio pela margem, gera uma problemática central, a saber:

1) Por que as inundações não iniciam pelas ruas associadas a margem do rio?

5 APORTES METODOLÓGICOS PARA A GESTÃO DE RISCO DE INUNDAÇÃO

5.1 ANÁLISE EMPÍRICA DOS MAPEAMENTOS DE RISCO DE INUNDAÇÃO E DESASTRES

A identificação das áreas de inundações necessita de uma avaliação integrada, possibilitando meios para promover a gestão. Muitas são as metodologias para mapear as áreas de inundações, sobretudo, nas condições de respostas aos desastres. Nesse sentido, Sausen e Narvaes (2015) lembram que “há poucos mapas operacionais, com aquisição de imagens de áreas específicas, e muito poucos dados são utilizados para o ciclo de gerenciamento de inundações” (p.121).

Longley *et al.*, (2013, p.45) destacam que “aplicações de SIG necessitam fundamentar-se em conceitos e teorias sólidos” de modo que os mapeamentos, as medições, os monitoramentos, as modelagens, e os gerenciamentos resultem em ações eficazes frente a problemática. Nesse sentido, as propostas de uso do SIG voltadas para a sociedade devem observar a validade empírica dos resultados obtidos.

Dentro desta perspectiva, uma iniciativa bastante necessária na gestão de riscos é a integração de dados empíricos no SIG. Para isso, torna-se necessário inserir a experiência e a vivência dos moradores das áreas de riscos como fonte de dados primários (qualitativo e quantitativo). A inserção desses dados, possibilita a avaliação contínua das diversas propostas metodológicas e suas respectivas aplicações na gestão de riscos.

Para isso, foram selecionadas áreas de estudo de caso de modo a abordar essa integração de dados em ambiente SIG, e assim possibilidades discussões metodológicas sobre as possibilidades e limites de mapeamentos de risco frente às inundações. A definição das áreas de estudo dentro da RMC, considerou pesquisas de Suderhsa (2002), Deschamps (2009), Mendonça *et al.*, (2015), Buffon *et. al.*, (2017), e Buffon *et al.*, (2018).

A seleção das áreas de estudo de caso, pautou-se em alguns critérios, a saber:

1. Áreas localizadas dentro de bacias contempladas no Plano Diretor de Drenagem da Bacia do Alto Iguaçu;

Dentro desse critério principal, define-se a área de estudo de caso 1, a partir do critério secundário:

1. Área de uma bacia que possibilite coleta de dados com aeronaves remotamente pilotadas (RPA), com no máximo 5 voos de 15 minutos com equipamento *Phantom 3 – Professional – DJI*, e não apresente risco de inundação de acordo com os resultados de Suderhsa (2002), mas que possua registros de inundação;

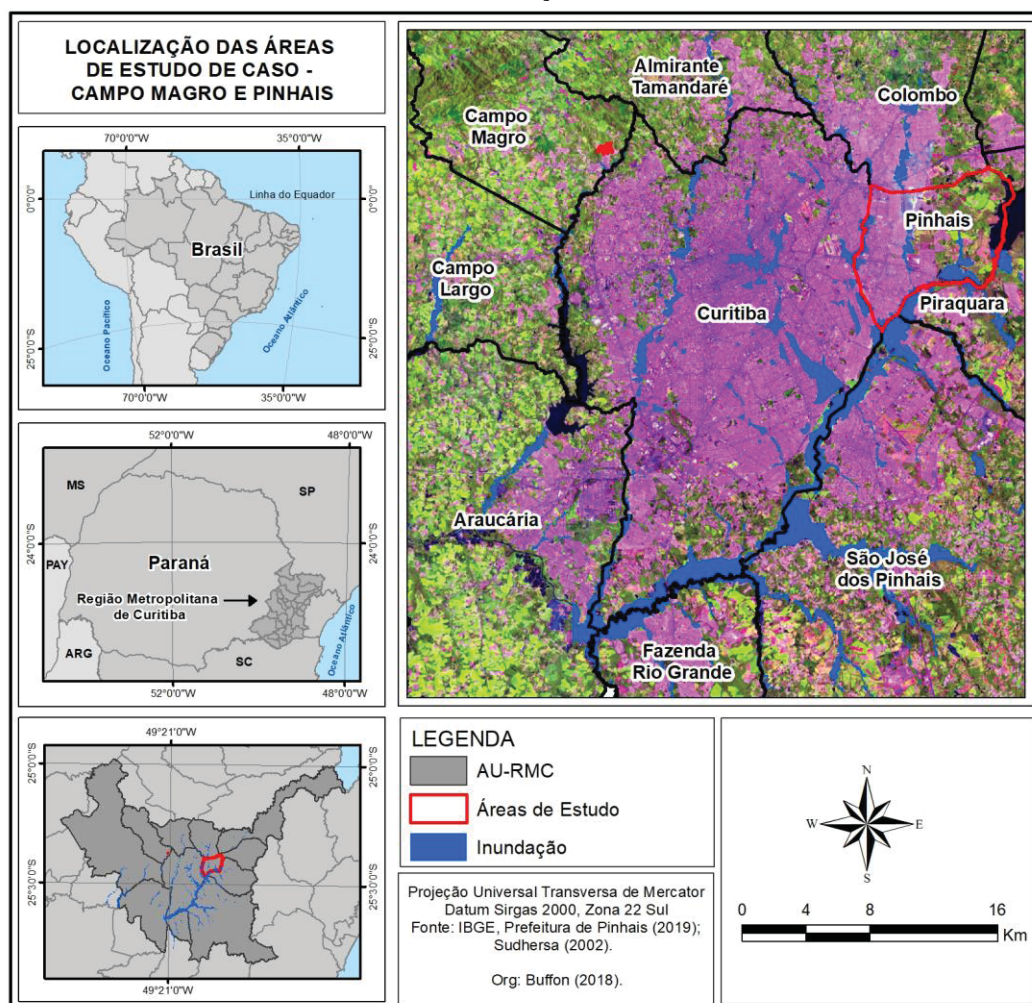
A área de estudo de caso 2, é definida considerando os seguintes critérios secundários:

1. Área com inundações na última década registrado pela Defesa Civil Municipal, no nível de desagregação de pontos ou ruas de ocorrências;
2. Área que possua pesquisa científica publicada que aponte a execução de medidas estruturais e não-estruturais para controle das inundações;
3. Dentre todos os municípios selecionados nos critérios acima, definir a cidade com a menor área territorial, de modo a facilitar a coleta de dados primários.

As áreas selecionadas, considerando esses critérios, são em Campo Magro: 3 setores censitários localizado na bacia do Rio Bambeca; em Pinhais: toda a área urbana do município. Ambos os municípios fazem limite com Curitiba e pertencem ao aglomerado urbano da RMC (figura 24). A RMC localiza-se no estado do Paraná, na região sul do Brasil, e apresenta um clima subtropical úmido (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007). Campo Magro situa-se a oeste da RMC, enquanto que Pinhais situa-se a leste da RMC, e ambos estão inseridos na bacia hidrográfica do Alto Iguaçu (SUDERHSA, 2000).

Hoffmann (2013) destaca a Região Metropolitana de Curitiba, como sendo de média a muito alta suscetibilidade a inundação, devido principalmente a ocupação urbana acelerada e desordenada, bem como das baixas declividades da área. Essa condição de suscetibilidade, também é apontada em estudos específicos para a Bacia do Alto Iguaçu, no Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Alto Iguaçu (SUDERSHA, 2002) e na pesquisa de Goudard (2018). Goudard (2018, p.161) destaca que as “condições naturais da bacia (baixas declividades, solos pouco espessos e encharcados - gleissolos) são agravadas ao se analisar a espacialização do uso e ocupação, com altas taxas de impermeabilização ao longo dos rios”.

FIGURA 24 - ÁREAS DOS ESTUDOS DE CASO EM CAMPO MAGRO E PINHAIS: LOCALIZAÇÃO E INUNDAÇÕES.



ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2020).

Em Campo Magro, a área de estudo contempla parte da área urbana periférica do município. A cidade de Campo Magro apresentou nos últimos anos uma elevada taxa de crescimento urbano entre os municípios do Aglomerado Urbano Metropolitano de Curitiba, o que fez surgir aglomerações urbanas dissociadas da mancha urbana principal da cidade (BUFFON, 2016). A área de estudo ocupa 49,51 ha e corresponde a três setores censitário do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), que de acordo com pesquisa realizada apresenta heterogeneidade no índice de vulnerabilidade social a inundação (BUFFON et al., 2017).

A área de estudo, porção da bacia do Rio Bambeca, pertence a bacia do rio Passauna, que, desde a década de 1980, apresenta problemas de ocupação irregular nas margens do rio Passauna e de seus afluentes (XAVIER, 2005). Em torno de 70% da área da bacia Passauna é composta por colinas e morros, vertentes convexas e

dissecção generalizada, com solos pobres em matérias orgânica e granulometria silto-argilosa (COMEC, 2000). Sudhersa (2002) não classifica a porção em estudo do rio Bambeca com risco de inundação, de acordo com a modelagem utilizada na bacia do Rio Passaúna. No entanto, Buffon et al., (2018) mapeou a área do Rio Bambeca na escala de detalhe (resolução de 0,2m) a partir do uso de geotecnologias, e identificou diferentes perigo de inundações.

A cidade de Pinhais é a segunda área de estudo selecionada, e também se localiza no Aglomerado Urbano Metropolitano de Curitiba. A área do município de Pinhais é de 60,869 km² (IBGE, 2018). A população do município é 132.157 habitantes (2019), com densidade demográfica de 1.922,42 hab/km² (2010), e um grau de urbanização em 100% (2010). Pinhais localiza-se em subdomínios geoambientais com planícies aluviais amplas, e declividades que variam de 0% a 3%, que caracterizam superfícies sujeitas a sofrer enchentes de modo frequente (THEODOROVICZ, et al., 1999).

A área do estudo de caso compreende o município de Pinhais, especificamente nas áreas de risco de inundação conforme modelagem da Sudhersa (2002), e com recorte espacial no bairro Weissópolis conforme apresentado na figura 6. O município de Pinhais insere-se em 4 bacias, Rio do Meio, Rio Palmital, Rio Atuba e Rio Iraí, todas pertencentes a Bacia do Alto Iguaçu.

A cidade de Pinhais exprime uma lógica de ocupação que se processou ao longo dos principais rios e planícies de inundação. Na RMC essa dinâmica é visível quando se observa as cidades em processo de conurbação, e assim representam um exemplo “de dissonância total entre crescimento urbano e políticas públicas de desenvolvimento” (MENDONÇA, 2012, p.520).

O município de Pinhais, por meio da Defesa Civil, registra desde 1990 ocorrências de inundações com impactos associados, principalmente, após a metade do século XX. Momento em que o processo de urbanização adentra este espaço, nem sempre dotado de infraestrutura, e planejamento adequado no que concerne à impermeabilização do solo e o alastramento das águas das chuvas (MENDONÇA *et al.*, 2013).

Pesquisas científicas apontam a execução de medidas estruturais e não estruturais em Pinhais (SUDERHSA, 2002; ENOMOTO, 2004; PINTO, 2005; PINHEIRO, 2014; MENDONÇA, et al., 2015; BUFFON et al., 2017; BUFFON et al., 2018). Buffon et al. (2017, p. 642) citam que “as ações de intervenção urbana

identificadas em Pinhais, demonstram a efetivação do processo de adaptação urbana por meio de medidas estruturais que visam a mitigação e erradicação dos impactos de inundação”.

Mendonça et al., (2015) destacam que as medidas de adaptação frente às inundações são distintas ao longo das áreas de riscos e se associam diretamente as condições socioeconômicas da população residente. Dentre essas medidas foram citadas no trabalho de Mendonça et al. (2015) as seguintes: aterramentos, elevação do nível de piso, diques, manilhas e muro.

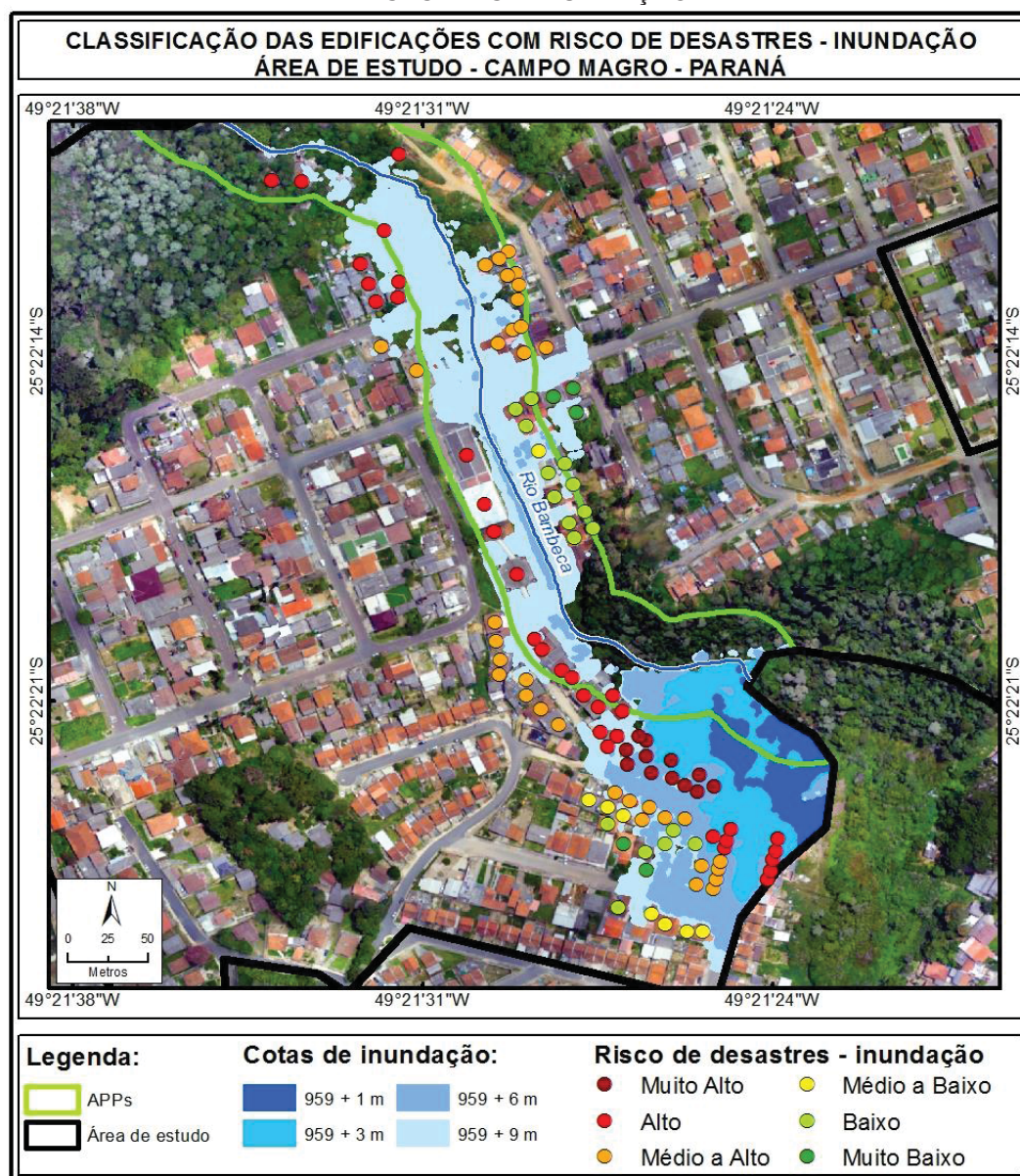
5.1.1 Investigação em Campo Magro, Paraná

Buffon et al., (2018, p.12) descreve que as inundações urbanas nesta área “estão diretamente ligadas a dinâmica de escoamento da água no rio Bامbeca. A passagem de um episódio de enchente para inundação ocorre a partir do nível de elevação de 959 metros”. Considerando que risco e vulnerabilidade estão diretamente associados em contextos de desastres, Buffon et al., (2008) gerou um índice de desastres associado às inundações, a partir do cruzamento das condições de risco de inundação (simulação do perigo) com a vulnerabilidade do lugar a inundação.

Os resultados indicam que “que 41,3 % das edificações apresentam risco de desastres muito alto e alto e 31,2% apresentam risco médio a alto, totalizando 72,5% das edificações” (BUFFON et al., 2018, p.20). Assim, observa-se uma configuração espacial segregada do risco alto e muito alto de desastres (Figura 25).

São identificados os seguintes números de edificações por índices de risco de desastres: 12 edificações com risco muito alto, e nenhuma dessas é identificada dentro da área de APP; 33 edificações com alto, sendo que 13 dessas estão dentro da APP; e 34 com médio a alto, com um total de 11 dentro da APP (Figura 25). No que se refere aos índices de médio a baixo, baixo e muito baixo, os totais de edificações mapeadas foram os seguintes, respectivamente: 8 (1 na APP), 17 (11 em APP) e 5 (Figura 25).

FIGURA 25 - CAMPO MAGRO/PR: REPRESENTAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES COM RISCO DE DESASTRES – INUNDAÇÃO.



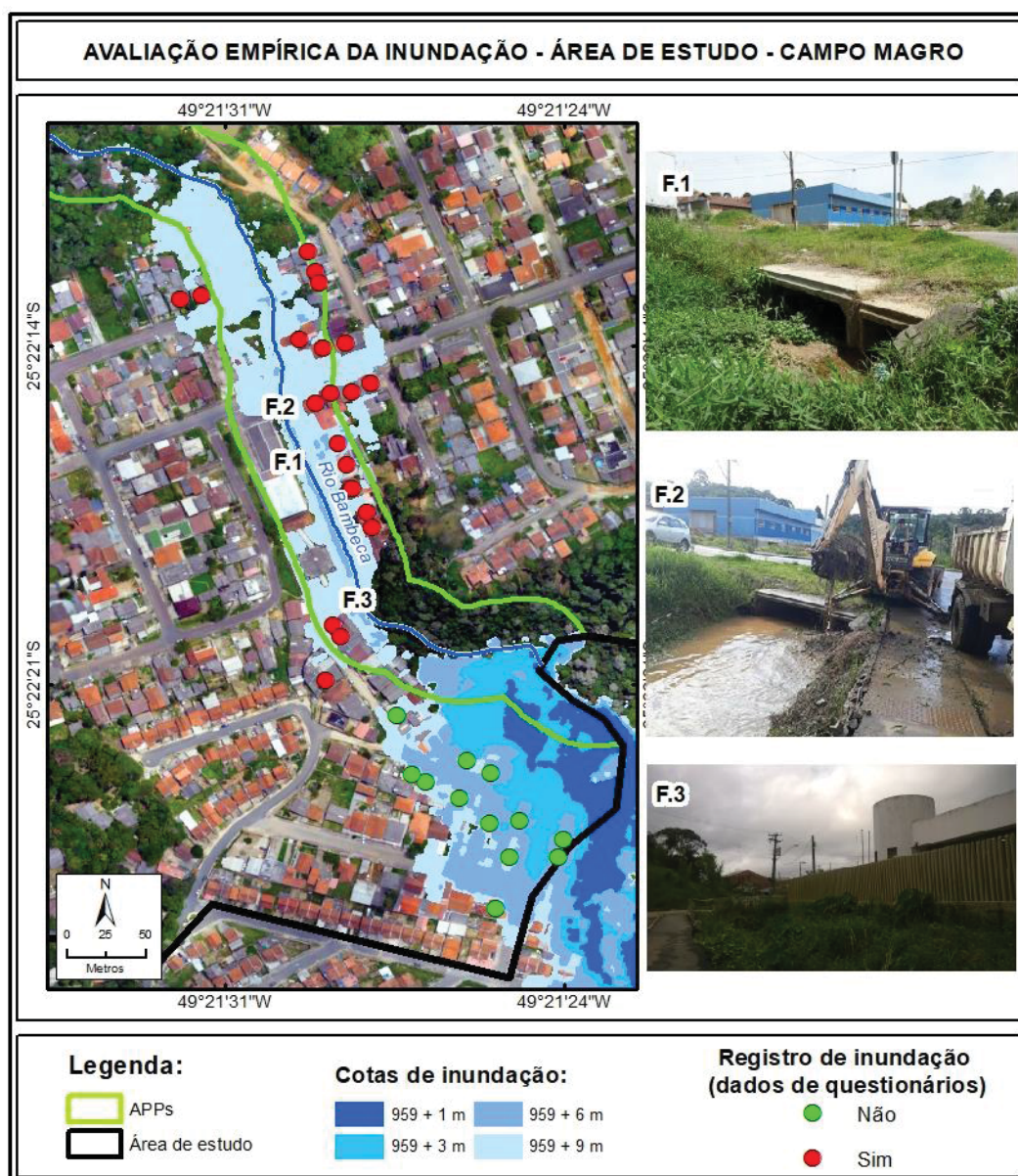
FONTE: Buffon et al., 2018, p.103.

Esses resultados destacam que encaminhamentos metodológicos para análise das inundações são de extrema importância na caracterização de edificações frente a tomada de decisão nos processos de prevenção e mitigação. Sausen e Narvaes (2015, p.121) reforçam que as pesquisas “podem monitorar as águas de inundação, mapear as áreas que potencialmente podem ser afetadas e apoiar ações de prevenção, sendo possível utilizá-los de forma eficiente e operacional nas mais diversas fases da gestão de desastres de inundação”.

No entanto, sabe-se que a configuração espacial do risco de desastres é complexa e dinâmica. Frente essa complexidade e dinâmica torna-se necessário realizar uma avaliação da proposta de encaminhamento metodológica utilizada. Essa

avaliação é fruto de dados empíricos e que permite compreender os elementos e os fatores das inundações para definir o grau de aproximação dos modelos e mapeamentos com a realidade (Figura 26).

Figura 26 - CENÁRIOS DE INUNDAÇÕES NA ÁREA DE ESTUDO EM CAMPO MAGRO E FOTOS REPRESENTATIVAS.



ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2020).

As simulações de inundações na área de estudo em Campo Magro foram apresentadas a partir de quatro cenários progressivos. No entanto, a verificação a partir de dados primários coletados durante trabalhos de campo, demonstrou que essa progressão não é verificada. Isso porque, as ocorrências de inundações concentram-se

no cenário da simulação de +9 metros que não se sobrepõem aos demais cenários (+1, +3 e +6 metros) (Figura 26).

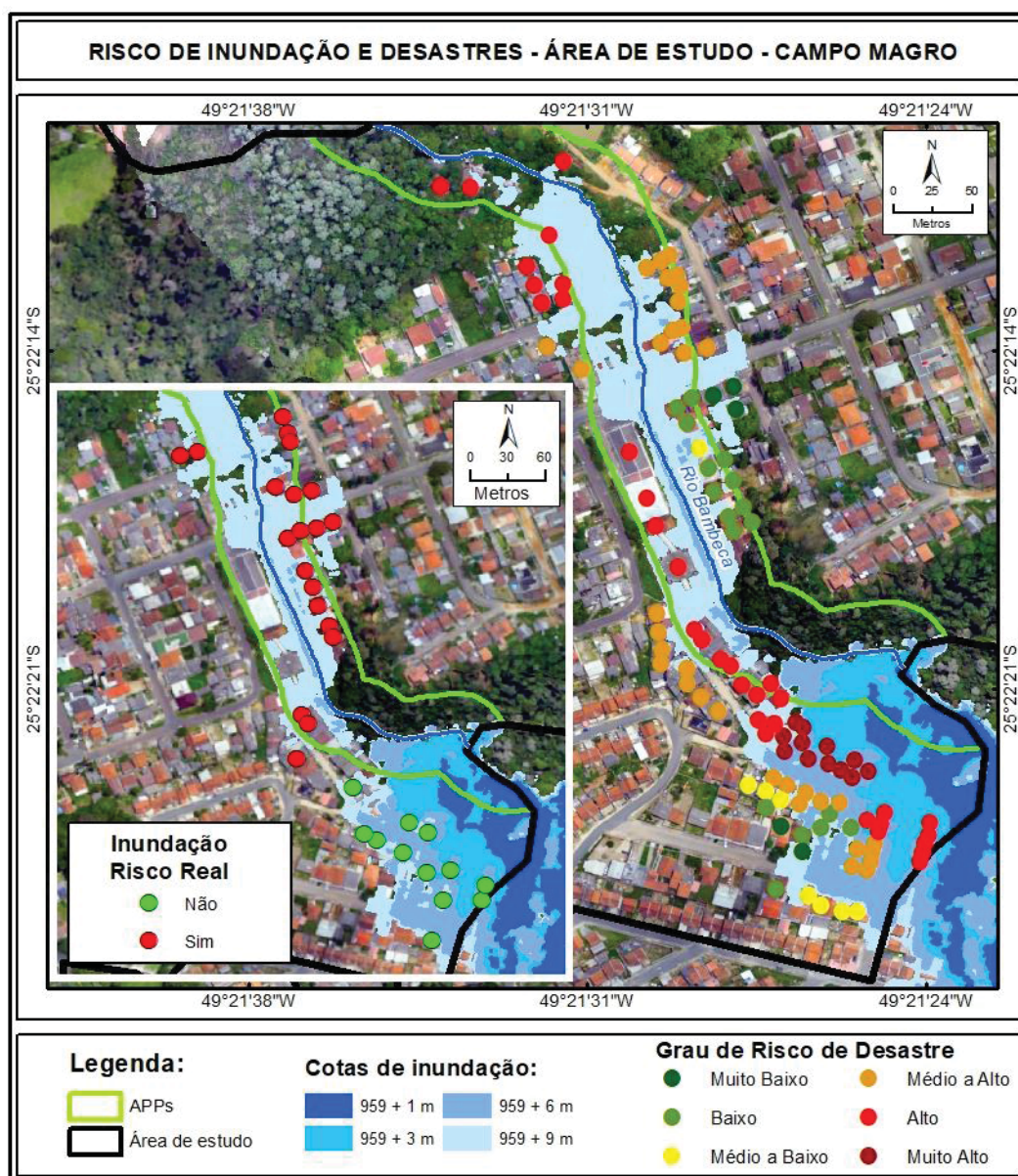
Em relação as ocorrências de inundações, os moradores relataram, que de modo frequente, estão associadas à ausência dos procedimentos de limpeza dos canais e rios (F.1), que reduzem a capacidade de escoamento da água em eventos pluviométricos extremos. De acordo com as informações levantadas, em um evento pluviométrico recente (14/03/2018) o cenário da simulação + 9 metros (na área com pontos vermelho) se efetivou (Figura 26), sendo que após a ocorrência de inundações realizou-se procedimentos de limpeza do rio (F.2).

Em relação a área afetada na simulação +9 metros (Figura 26), informações coletadas nos questionários permitem inferir que existe uma associação entre as inundações e os problemas do sistema de drenagem urbana na área. A título de exemplo, identificou-se em campo um muro de contenção parcialmente destruído (F.3), que segundo os moradores, essa obra quando não estava destruída, auxiliava no controle de inundações, uma vez que evitava o extravasamento da água do canal.

Com isso, o encaminhamento metodológico do mapeamento de risco de desastres associado às inundações necessita de um recorte que evidencie o risco real de inundação para auxiliar na tomada de decisão. As simulações de inundações por meio das geotecnologias possibilitam uma visão potencial do risco, que quando integrado com a vulnerabilidade, detalham as condições de desastres, ou seja, dos impactos que a população pode vir a sofrer em decorrência das inundações.

A figura 27 apresenta o mapeamento do risco de desastres associado às inundações, e de forma integrada um recorte do risco real de inundações na área de estudo. Essa integração entre o risco real é importante para possibilitar ações mais eficazes no processo de redução de riscos de desastres, que apontam a necessidade de implantação e/ou revisão de medidas de mitigação estruturais e não-estruturais. Conforme, apresentado acima, os dados empíricos propiciam uma avaliação da análise do problema, destacando os elementos e os fatores da gênese das inundações.

FIGURA 27 - COMPARAÇÃO DO RISCO POTENCIAL E REAL DE INUNDAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO EM CAMPO MAGRO.



ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2020).

Almeida (2012, p.48) ressalta que “entender quais os mecanismos de desencadeamento, funcionamento, frequência e magnitude de um fenômeno, tal como uma inundação, é de fundamental importância para o direcionamento de medidas de redução de desastres”. Nesse sentido, Gregorio *et al.*, (2015, p.45) enfatizam que, dentro do macroprocesso da gestão de riscos de desastres, as etapas de prevenção e mitigação revelam a execução

de estudos das ameaças, vulnerabilidades e cenários de risco; mapeamento de riscos e cadastramento de famílias em risco; plano municipal de redução de riscos; estruturação e operação de sistemas de monitoramento, alerta e alarme; medidas de mitigação não estruturais; medidas de mitigação estruturais.

Com base nas conclusões acima, e continuando na abordagem da elementos e fatores de inundações para compreender sua gênese e dinâmica no espaço, desenvolve-se uma investigação da dinâmica das inundações em áreas urbanas de Pinhais. A alteração da área de estudo em relação ao presente capítulo, resulta da necessidade de identificar novos fatores que condicionam a dinâmica das inundações em áreas urbanas. Para isso, selecionou-se Pinhais devido a disponibilidade de dados, estudos anteriores que comprovam a ocorrência recorrente de inundações em porções da cidade e a implantação de medidas estruturais e não-estruturais para controle de inundações (MENDONÇA, et al., 2015; BUFFON, et al., 2017).

5.1.2 Análise em Pinhais, Paraná

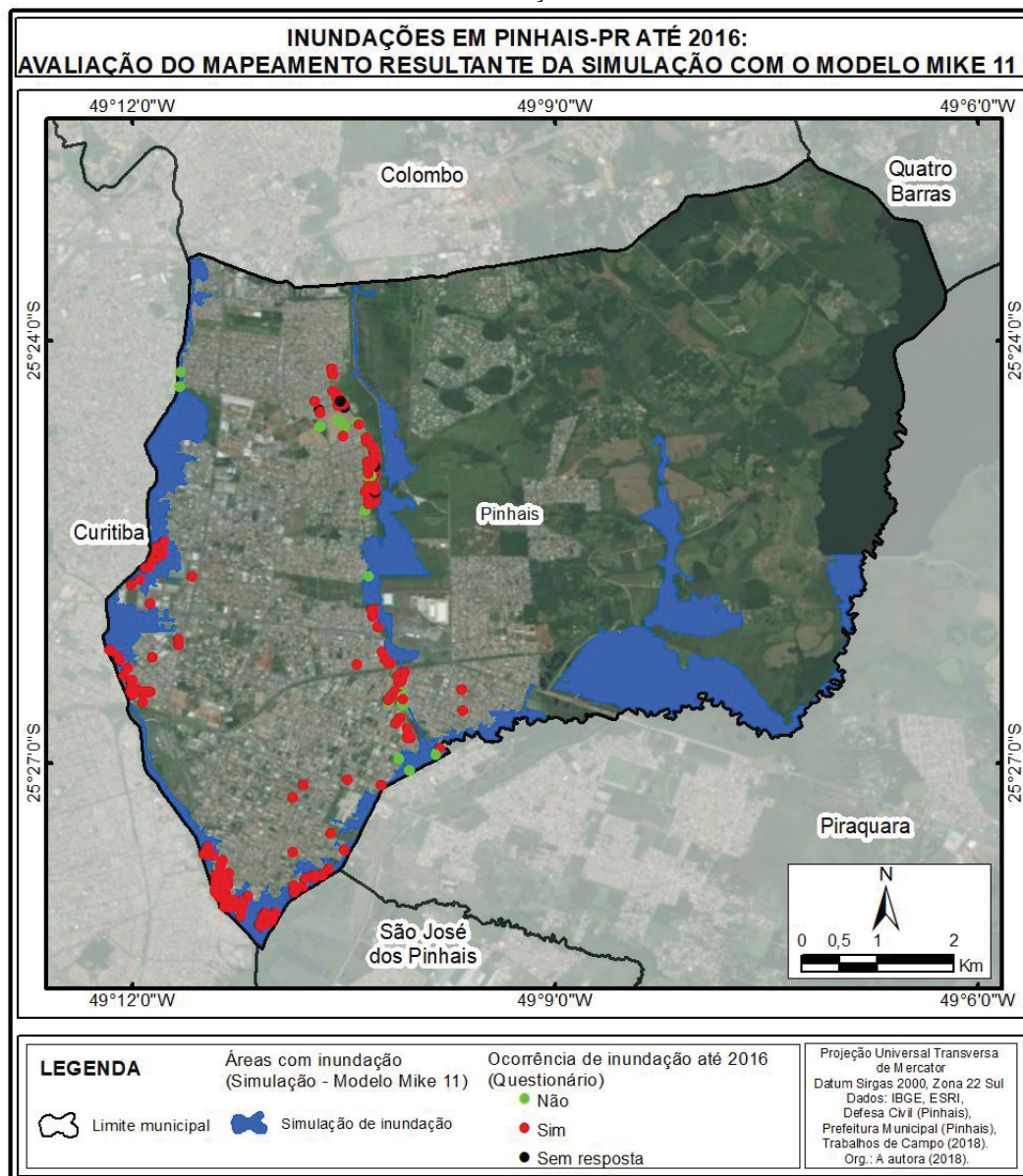
No Plano Diretor de Drenagem da Bacia do Alto Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba, que possui como objetivo “fornecer às instituições públicas e à comunidade da Bacia do Alto Iguaçu subsídios técnicos e institucionais que permitam reduzir os impactos das cheias na sua área de abrangência” (SUDERHSA, 2002, p.1) são apresentados mapeamentos de risco de inundações na bacia do Alto Iguaçu. Neste plano é caracterizado o sistema de macrodrenagem e efetuado a modelagem matemática que permite obter o risco de inundação (SUDERHSA, 2002).

Os resultados do mapeamento do risco de inundação norteiam a proposição de medidas estruturais de controle nas áreas, tais como a implantação de lagoas de acumulação, parques lineares e definição de áreas remoção da população. Com isso, buscou-se analisar o mapeamento de risco elaborado nesse plano, a partir de dados coletados com questionários durante a realização dos trabalhos de campo. Tais avaliações não visam qualificar o uso do mapeamento, mas sim demonstrar a necessidade de constante atualização dos mapeamentos e da necessidade de combinação do mapeamento com os dados empíricos.

As figuras 28 e 29 apresentam a avaliação integrada dos mapeamentos de inundação obtidos no Plano Diretor de Drenagem da Bacia do Alto Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba e no mapeamento com os dados resultantes de questionários. A figura 28 integra ao mapeamento de risco de inundação (simulação Mike 11) dados das ocorrências de inundações até 2016 (coletada via questionários) e permite concluir que o mapeamento corrobora com as áreas críticas de inundações

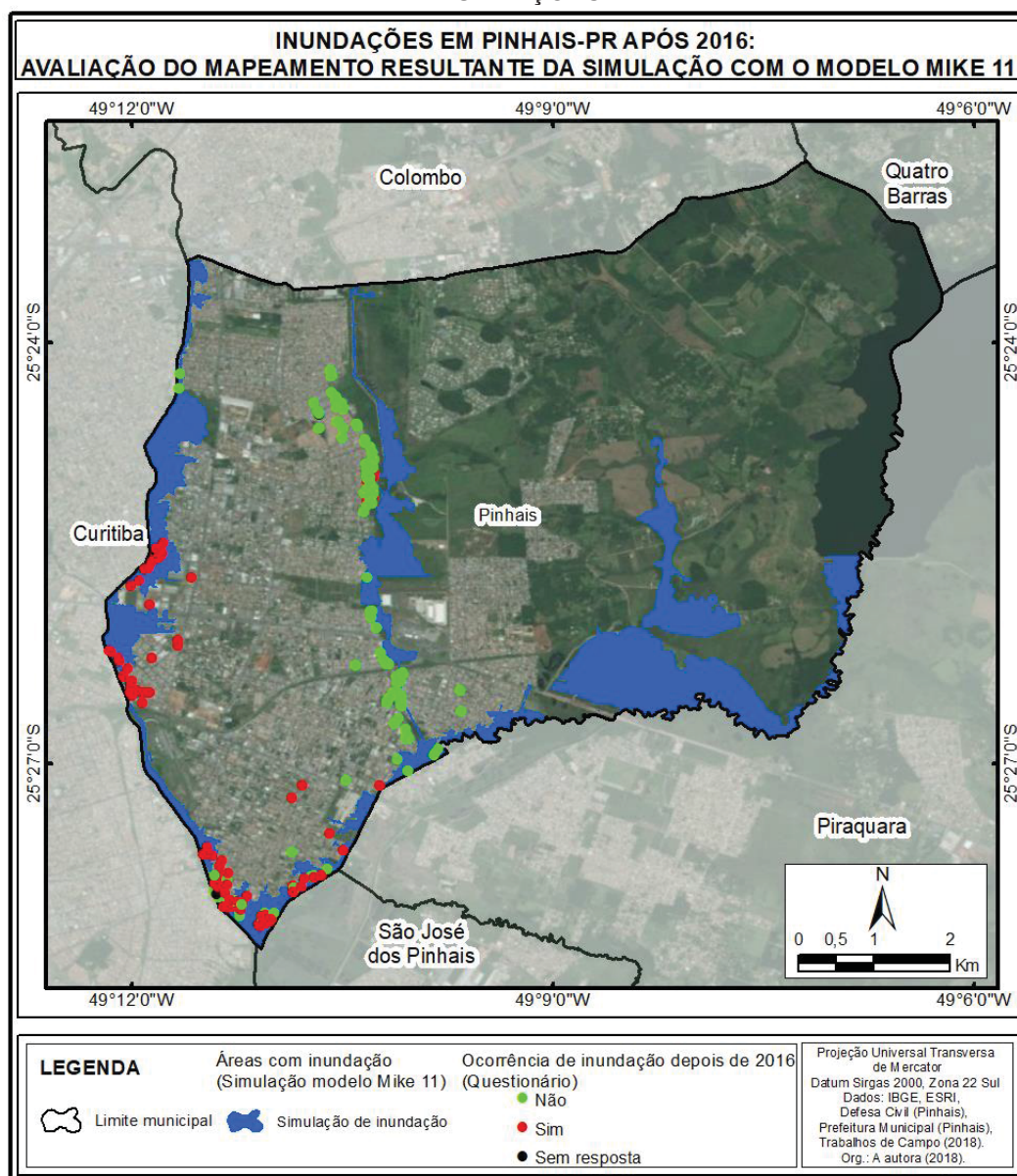
identificadas em campo, embora existam áreas com ocorrências sem risco de inundação no mapeamento.

FIGURA 28 - ATÉ 2016: ANÁLISE INTEGRADA DOS QUESTIONÁRIOS COM A SIMULAÇÃO DE INUNDAÇÕES.



ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2020).

FIGURA 29 - APÓS 2016: ANÁLISE INTEGRADA DOS QUESTIONÁRIOS COM A SIMULAÇÃO DE INUNDAÇÕES.



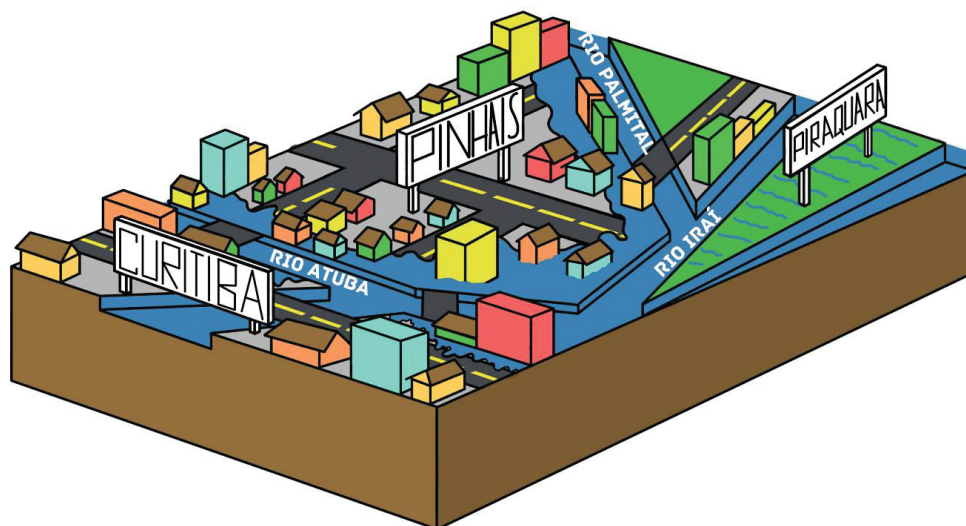
ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2020).

As figuras 28 e 29 permitem concluir que de 2016 em diante ocorreu uma diminuição das áreas afetadas por inundações em Pinhaís. Mas, ainda existe porções da cidade impactadas por esse fenômeno. Até o ano de 2016, na amostra de 272 questionários aplicados em campo, obtém-se que 82,35% das edificações com registros de inundações. Por outro lado, após o ano de 2016 esse percentual diminuiu para 37,5%.

Diante desses dados de campo, e considerando as experiências vividas e observadas, elaborou-se as figuras 30 e 31, visando representar elementos da espacialidade das inundações até 2016 e após 2016 em Pinhaís. É importante

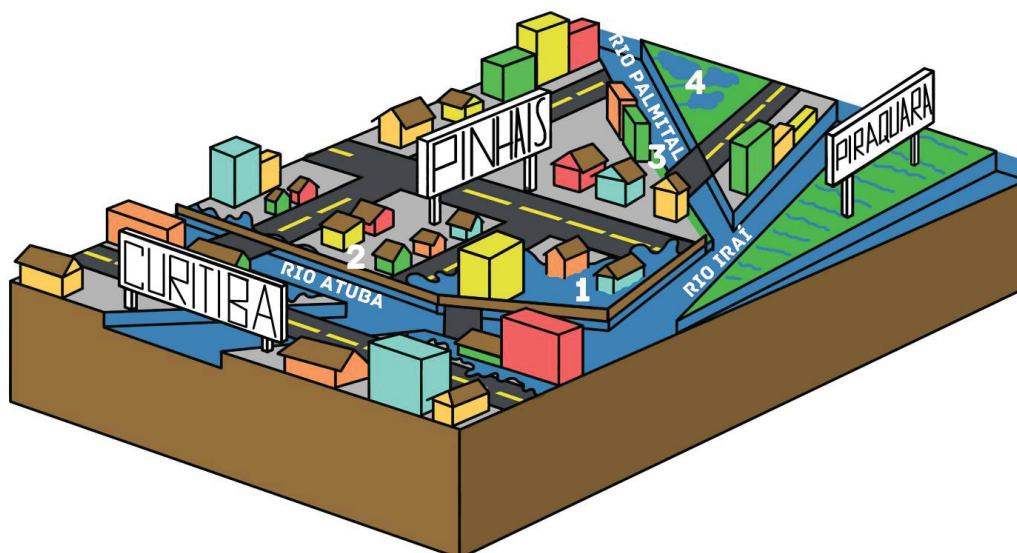
menção que os modelos empíricos são uma interpretação simplificada da realidade, que possuem como objetivo destacar elementos que interferem na dinâmica espaço-temporal das inundações.

Figura 30 - MODELO EMPÍRICO DAS INUNDAÇÕES EM PINHAIS ATÉ 2016.



. CONCEPÇÃO: Elaiz Buffon (2019). Desenho técnico: Matheus Schmitz (2019).

FIGURA 31 - MODELO EMPÍRICO DAS INUNDAÇÕES EM PINHAIS APÓS 2016.



CONCEPÇÃO: Elaiz Buffon (2019). Desenho técnico: Matheus Schmitz (2019).

No modelo empírico apresentado na figura 30, as inundações são presentes em todas as áreas urbanas ribeirinhas de Pinhais. Não são identificadas obras estruturais nas bacias, e os rios Atuba, Palmital e Iraí evidenciam um processo de retificação do

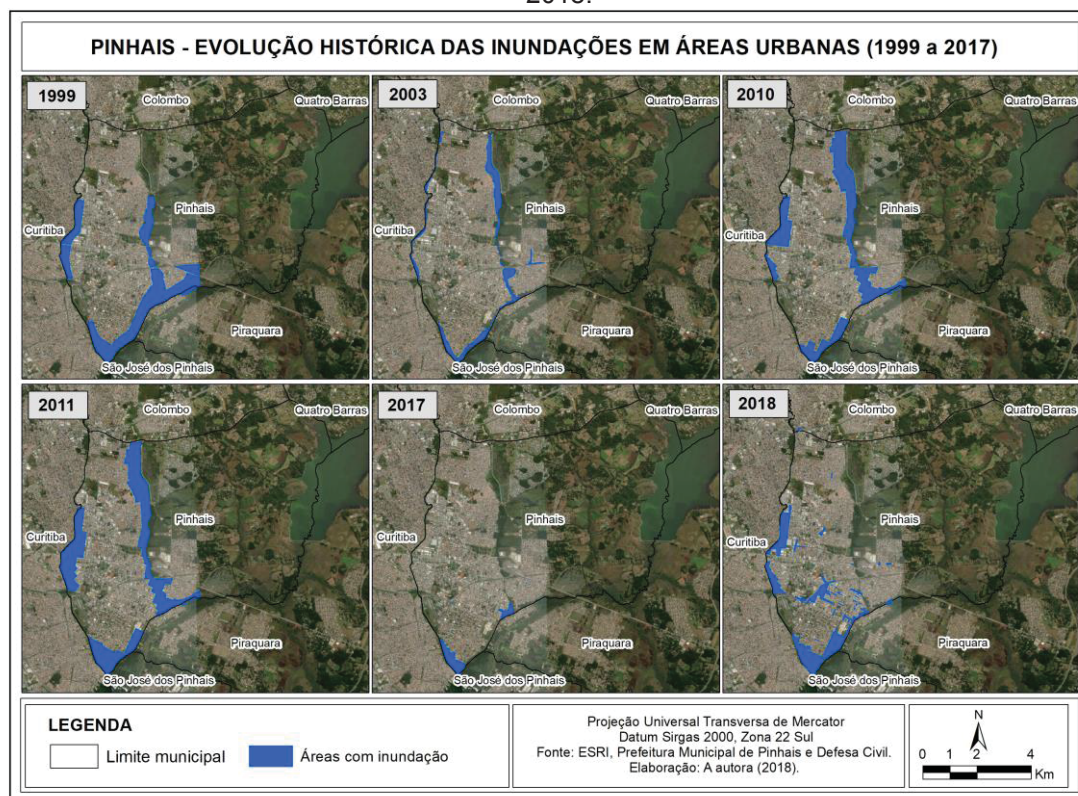
rio. No modelo empírico da figura 31 é possível identificar obras estruturantes frente às inundações em áreas urbanas. No rio Palmital destaca-se as bacias de acumulação (detenção) da água (4), que modificam a vazão do rio. No rio Atuba identificam-se diques (2) nas áreas de planície de inundação na cidade de Pinhais. No âmbito do rio Palmital associado ao rio Iraí observa-se a construção de um parque linear (3) que abrange a área da planície de inundação.

Considerando todos esses elementos mapeados no modelo empírico, comprova-se que o modelo de simulação do risco de inundação deve apoiar-se em análises de campo para validação dos resultados obtidos por meio de modelagem matemática. Ainda, no modelo empírico da figura 31, cabe destacar que mesmo com a construção de diques a porção (3) do modelo apresenta registros de inundações antes e após 2016.

A figura 32 demonstra a evolução das ocorrências (atendimentos) de inundações em áreas urbanas Pinhais. Destaca-se com expressividade as porções ribeirinhas dos rios Palmital, Atuba e Iraí. As variabilidades das áreas com inundações de 1999 a 2018 denotam a complexidade do tema. No entanto, é expressiva a mudança nas áreas dos anos de 2017 e 2018 se comparados aos demais anos analisados. Mudança essa que se torna foco de atenção na continuidade desta análise.

As mudanças apresentadas no ano de 2017 e 2018 podem ter sua gênese em fatores naturais ou artificiais. Para explicar isso, utiliza-se da pesquisa realizada por Buffon et al. (2018) que ressalta os impactos decorrentes do processo de urbanização em Pinhais. Dentro os processos apontados nesta pesquisa ressaltam-se a remoção da vegetação natural, a ocupação de áreas de planícies de inundação e, a favelização (BUFFON et al., 2018).

FIGURA 32 - PINHAIS/PR – EVOLUÇÃO DAS ÁREAS DE INUNDAÇÕES NO PERÍODO DE 1999 A 2018.



ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2018).

Neste sentido, lança-se a afirmação de que os fatores artificiais possuem grande interferência nas inundações de Pinhais. No entanto, cabe conhecer se essa interferência é responsável somente pelo aumento da magnitude, ou também pela diminuição da magnitude de áreas afetadas (vide figura 32 no ano de 2017 e 2018).

Essa última questão, também é respondida no trabalho realizado por Buffon et al. (2018), uma vez que nesse trabalho são citadas ações de intervenções urbanas que visam o controle e a mitigação das inundações. De acordo com Buffon et al. (2018) essas ações de intervenções urbanas são desenvolvidas

em diversas áreas na cidade desde o ano de 1998, através Programa de Saneamento Ambiental da Região Metropolitana de Curitiba (PROSAM) (PMP, 2015). A proposta de intervenção urbana realizada em Pinhais [...], faz parte de um convênio estabelecido no ano de 2008 entre a Companhia de Habitação do Paraná (COHAPAR) e a Prefeitura Municipal de Pinhais (PMP, 2015). Esse convênio teve por objetivo estabelecer o compromisso para implementação de obras e serviços previstos no projeto PAC-Pinhais.

Tais resultados demonstram que as modificações nas áreas de inundações em Pinhais estão associadas as fases de intervenções urbanas. A configuração espacial da cidade de Pinhais no contexto da Região Metropolitana de Curitiba exprime uma

lógica de ocupação que se processou ao longo dos principais rios e planícies de inundação, necessitando de constantes medidas estruturais e não-estruturais de controle de inundações.

5.2 AS MEDIDAS DE INTERVENÇÕES URBANAS FRENTE À DINÂMICA DAS INUNDAÇÕES EM PINHAIS

A prevenção das inundações urbanas aliada ao processo de intervenção consiste na execução de medidas nas estruturas física, social e econômica do ambiente urbano. Visto que a configuração do risco de inundações em áreas urbanas é influenciada pelas vulnerabilidades, que é composta pelo risco biofísico (ambiental) risco social (grupos sociais) e tecnológico (capacidade de resposta – adaptação) (CUTTER, 2003; MARANDOLA E HOGAN, 2005).

Ao analisar Pinhais, destaca-se que as maiores concentrações demográficas se localizam nas planícies de inundações dos rios Atuba (divisa com Curitiba) e Palmital (Buffon et al., 2016). A densidade demográfica mais expressiva em algumas parcelas de Pinhais, associada as características físicas de baixa declividade e, também, a sistemas de captação deficitários ou subdimensionados, são fatores que contribuem para elevar a magnitude de impactos atrelados a processos naturais do clima, tais como as inundações urbanas.

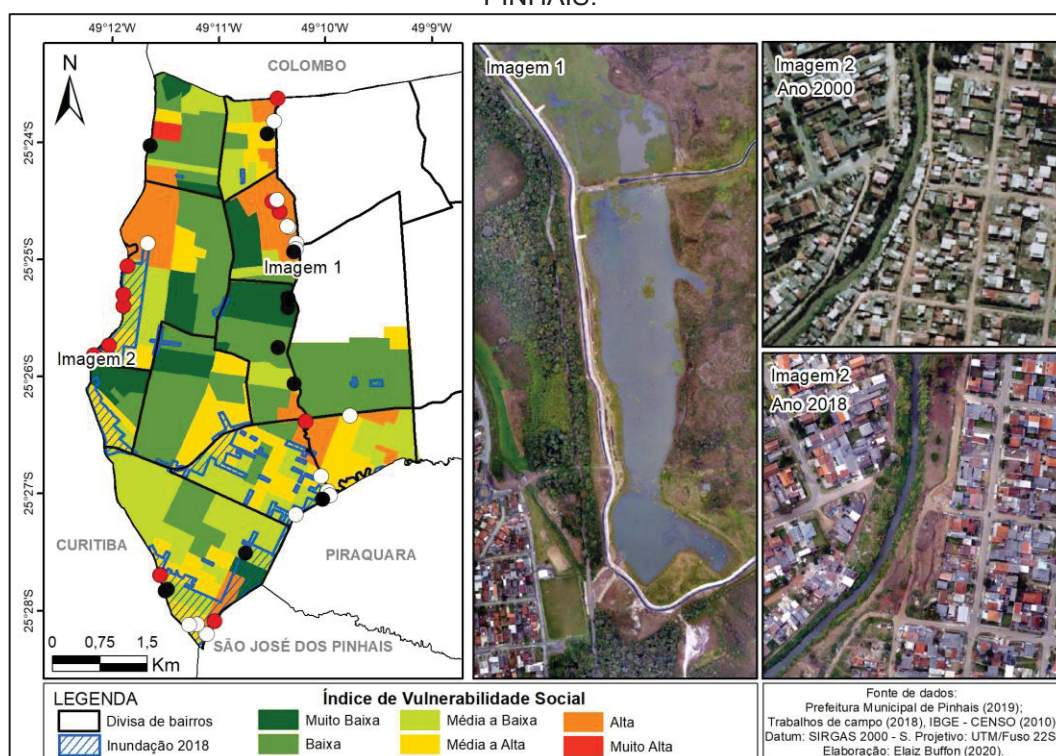
Assim, mesmo em contextos de riscos socioambientais semelhantes (áreas suscetíveis às inundações) os impactos são diferenciados em função da vulnerabilidade intrínseca a determinados grupos sociais. Ao examinar-se as vulnerabilidades sociais de modo conjugado as áreas historicamente afetadas por inundações, evidenciam-se sobreposições entre as áreas de maiores vulnerabilidades e as planícies inundáveis. Este fato é enfatizado por Deschamps (2004), ao reiterar que a demanda por solo para a expansão da cidade provoca o aproveitamento de áreas expostas a riscos naturais (impróprias).

As inundações em 2018 ocorreram em áreas com índices de vulnerabilidade de muito baixa a alta (figura 33). Essa situação demonstra a necessidade de estudos contínuos para a compreensão da configuração dos riscos e vulnerabilidades socioambientais. Esses estudos demandam a apresentação, de modo integrado, das medidas de adaptação por parte do poder público, privado e mistas.

Devido à complexidade de inserir medidas de adaptação às inundações em mapeamentos de riscos e vulnerabilidades, torna-se fundamental a realização de

trabalhos de campo para validação dos mapeamentos. Esse processo de validação possibilita diminuir lacunas de análise em relação a realidade. Tal procedimento foi realizado no mapeamento da figura 33, que caracteriza medidas de adaptação na área de Pinhais. Para isso, as medidas são classificadas em ordem de intervenção que são: pública (ação singular do governo), privada (ação singular do indivíduo/população) e mista (ação interdisciplinar do indivíduo com o governo).

FIGURA 33 - FOTOS REPRESENTATIVAS DAS MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO ÀS INUNDAÇÕES EM PINHAIS.



ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2020).

A análise dos dados apresentados na figura 33, possibilita afirmar que existem medidas de adaptação ao longo das áreas ribeirinhas do Palmital, Iraí e Atuba. As áreas ribeirinhas do Palmital apresentaram o maior número de medidas mapeadas, e também, se caracteriza como a área que apresentou mitigação do problema das inundações em áreas urbanas. Por outro lado, as áreas ribeirinhas do Iraí e Atuba, não destacam um processo de mitigação e/ou controle de inundações em decorrência das intervenções resultantes das medidas de adaptação.

A figura 33 também detalha dois exemplos de medidas de adaptação às inundações em Pinhais, uma com exemplo positivo e outra negativo no processo de mitigação e controle. A primeira medida (Imagem 1) é localizada na planície de

inundação do rio Palmital, consiste em um reservatório de detenção (Figura 33) construído em 2015. Conforme é apresentado no cenário anterior a 2016 (vide figura 28), as porções ribeirinhas do rio Palmital apresentavam registros de inundações, e no cenário de 2018 essa área não foi mais afetada (vide figura 29). Com isso, entende-se que essa medida de adaptação foi eficiente para mitigação do problema nesta porção da área urbana de Pinhais.

A segunda medida (Imagem 2) localizada na porção ribeirinha do Atuba detalha uma área de remoção da moradia e áreas de risco à inundação (Figura 33). A Imagem 2 (Figura 33) do ano de 2000 demonstra a ocupação nas margens do rio Atuba. A imagem 2 (figura 33) do ano de 2018, destaca o processo de remoção das moradias nessa área de risco, e a condição de solo exposto. Ainda na figura 33, é possível compreender que a medida de adaptação de remoção da população das áreas de risco na porção ribeirinha do Atuba não mitigou ou controlou as inundações, uma vez que os registros de 2018 apontam a continuidade de registros nesta área.

Nesse sentido, as inundações urbanas são desastres resultantes de pressões físicas (perigo ambiental) e pressões humanas (vulnerabilidades), que em seu conjunto revelam a fragilidade de um sistema (PELLING, 2003; DAUPHINÉ, 2001). Então, para a busca da redução dessa fragilidade no contexto da vulnerabilidade urbana, segundo Tanner et al. (2009, p.17) necessita-se de “estratégias autônomas e planejadas de adaptação que são funções de processos sociais, econômicos, políticos e culturais que reduzem a vulnerabilidade daqueles sob maior risco”.

Dada a abrangência e complexidade da problemática aqui abordada, a tarefa de analisar e implementar medidas de adaptação às inundações em áreas urbanas demanda de ações interdisciplinares na escala do local para o global. De modo geral, o problema das inundações urbanas é evidenciado à nível mundial, porém, as particularidades locais/regionais são o que distinguem a frequência e a magnitude dos seus impactos.

Assim, as medidas de adaptação são apresentadas pela ordem (figuras x e x) e pela natureza de intervenção. Quanto a natureza de intervenção das medidas, adotou-se a classificação de medidas estruturais e não estruturais. A primeira compreende as obras de engenharias e são caracterizadas em extensivas (atua no uso e cobertura do solo) e intensivas (atua nos rios) e visam à correção e/ou prevenção dos problemas decorrentes de inundações (CARNEIRO E MIGUEZ, 2011; CANHOLI, 2014). A segunda compreende a atuação para disciplinar a ocupação do território, o

comportamento do consumo das pessoas e as atividades econômicas, de forma que visam a minimizar os impactos em eventos de inundações (CARNEIRO E MIGUEZ, 2011; CANHOLI, 2014).

Walesh (1989 apud Canholi, 2014) concluiu, a partir de um levantamento na cidade de Denver (EUA), que o custo das medidas estruturais (em 1/3 da bacia) é igual ao custo da proteção por medidas estruturantes (em 2/3 da bacia). A identificação das medidas na cidade de Pinhais é realizada nos próximos itens.

As medidas estruturais em Pinhais refletem tanto o uso de medidas convencionais, bem como não convencionais. De acordo com Canholi (2014, p.31) as medidas não convencionais “são soluções que diferem do conceito tradicional de canalização, mas podem estar a ela associadas, para adequação ou otimização do sistema de drenagem”. Walehs (1989, apud Canholi, 2014) destaca as medidas estruturais convencionais a partir do conceito de canalização, exercida por décadas no Brasil. Enquanto, que as estruturais não convencionais, refere-se ao conceito de reservação, e que visam a execução do processo de infiltração associado a criação de reservatórios (CANHOLI, 2014).

No âmbito de Pinhais, as medidas convencionais de canalização foram implantadas no município quando a urbanização concentrou-se sobre as planícies aluviais, datando do final da década de 1980. Diversos rios foram canalizados na cidade, e os principais rios (Atuba, Iraí e Palmital) foram retificados, conforme é demonstrado no quadro 9. Após o ano de 2010, inicia-se a implantação de medidas não convencionais em Pinhais, visando controlar e/ou prevenir as inundações. Como exemplos citam-se: reservatórios com comportas, reservatórios para cheias, diques, desvios e alteração da cobertura vegetal do solo (Quadro 9).

QUADRO 9 - PINHAIS: MEDIDAS ESTRUTURAIS DE ADAPTAÇÃO ÀS INUNDAÇÕES.

Medida	Caracterização	Foto ilustrativa
Retificação do rio	São modificações no leito e trajeto dos rios, tornando o curso do rio reto. Em Pinhais, esse procedimento é verificado no rio Atuba, Iraí e Palmital. A foto apresentada refere-se ao rio Palmital.	
Reservatórios com comportas	Localizado em Pinhais, caracteriza o reservatório construído no chamado parque linear do rio Palmital. Tal reservatório visa armazenar, com tempo determinado, a água desviada do rio Palmital. Tal obra evita inundações nos bairros localizados próximos do rio Palmital em Pinhais.	
Reservatórios para cheias	Conhecidas como bacias de retenção da água das chuvas, essa obra localiza-se em Pinhais dentro do parque linear do rio Palmital.	
Desvios	Os afluentes e o escoamento de água pluvial são desviados, com a finalidade de diminuir a vazão do rio principal, e assim evitar inundações. A foto representa uma área do bairro Alto Tarumã em Pinhais, lugar em que se construiu vários desvios, evitando ocorrerem inundações ao longo do rio Palmital.	
Diques	São construídos nas margens dos rios, com a finalidade de impedimento do transbordamento das águas em situações de enchente. A foto representa o rio Atuba na divisa entre Pinhais e Curitiba.	
Alteração da cobertura vegetal do solo	Recuperação de área degradada devido ao processo de ocupação urbana. Em Pinhais, identificou-se na região ribeirinha do rio Iraí, um processo de recuperação do solo através do plantio de árvores.	

ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2019).

Ao analisar as medidas de adaptação às inundações em Pinhais por meio das medidas estruturais, percebe-se as convencionais aconteceram em toda a área do município, por outro lado, as não convencionais são realizadas de formas diversas, concentrando as medidas estruturais intensivas no rio Palmital, e as medidas extensivas no rio Atuba e Iraí. Essa diversidade pode ter como motivação o espaço disponível para implantação. O rio Atuba não apresenta uma área de preservação, sendo que as margens tanto na porção de Pinhais, quanto de Curitiba apresentam ocupações irregulares.

No entanto, as análises anteriores sobre a configuração das inundações em Pinhais, possibilitam afirmar que a implantação de medidas não convencionais no rio Atuba e Iraí não promoveu um controle e/ou prevenção do problema. Desse modo, ressalta-se a necessidade de estudos que visem propor soluções para implantação de medidas estruturais não convencionais, do tipo intensivas de retardamento de fluxo (reservatórios) e de desvio de escoamento (túneis de derivação e canais de desvio), no rio Atuba e Iraí em Pinhais.

Um dos grandes desafios na atualidade consiste em minimizar a presença de superfície de concreto nas cidades, diminuindo os impactos dessa superfície na vazão de um rio. Hall e Porterfield (2001) destacam a importância de estudos no âmbito da questão das águas superficiais. Esses autores, ressaltam que as bacias de retenção e detenção (medidas estruturais), quando projetadas com qualidade na resposta integrada de controle de cheias e criação de ambientes funcionais, auxiliam na amezinação da presença de superfícies de concreto nas cidades.



Carneiro e Miguez (2011) ressaltam a importância de utilização de medidas integradas e distribuídas no controle de inundações, uma vez que “em ambientes já muito urbanizados, dificilmente se conseguem áreas livres em tamanho suficiente para a implantação de obras exclusivas de drenagem” (CARNEIRO E MIGUEZ, 2011, p.136). Cabe destacar que, as medidas distribuídas necessitam de constante avaliação, pois quando aplicadas em determinadas áreas podem criar uma sensação de falsa segurança, e por vez ampliar a ocupação em áreas de risco (TUCCI, 2002; CANHOLI, 2014).

Canholi (2014, p.25-26) destaca que as medidas mais adotadas podem ser agrupadas em: “ações de regulamentação do uso e ocupação do solo; educação ambiental voltada ao controle da poluição difusa, erosão e lixo; seguro-enchente; e sistema de alerta e previsão de inundações”. No âmbito de Pinhais, foram identificadas

medidas não-estruturais que resultam tanto de implantações públicas, privadas e mistas, conforme é apresentado no quadro 10.

QUADRO 10 - PINHAIS: MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS DE INUNDAÇÕES.

Medida	Caracterização	Foto ilustrativa
Informações meteorológicas	Consiste em uma rede de monitoramento pluviométrico no Brasil, para subsidiar a emissão de alertas de desastres naturais, os quais contribuem para a redução de danos e perdas humanas. A foto apresenta um pluviômetro automático, instalado pelo CEMADEN, no bairro Atuba em Pinhais, localizado na área interna de uma escola.	
Remoção das habitações em áreas de risco	Ação de remoção das habitações na área de riscos. A foto demonstra o processo de ocupação urbana na margem direita do rio Atuba em Pinhais, e na margem esquerda o processo de remoção das moradias.	
Realocação das habitações em áreas sem risco	Ação de construção de habitações para as famílias que se localizavam em áreas de remoção das habitações. Em Pinhais as áreas de realocação das habitações estão localizadas na proximidade do parque linear do Rio Palmital.	
Muros	Constroem-se muros próximo as margens do rio para controlar o extravasamento da água para as áreas ribeirinhas. Em Pinhais identificou muro na margem do rio Palmital na porção norte.	
Alerta e Alarme	É uma medida de ordem pública, que auxilia ações da defesa civil e alimenta ações de alerta e alarme para a população. A foto ilustra a criação de uma régua no rio Atuba, na divisa entre Curitiba e Pinhais, que tem por finalidade indicar a população e a defesa civil a situação da enchente.	

Régua	É um equipamento para monitoramento do nível do rio. Na cidade de Pinhais a régua foi identificada no Rio Palmital, sendo que os dados são coletados pelo morador mais próximo e armazenados pela Defesa Civil de Pinhais.	
Seguro, Decretos e Auxílios em decorrência de inundação	Declara a situação anormal, caracterizada como área de emergência, com o propósito de alocar auxílios social e econômico. Um exemplo de decreto realizado em Pinhais é do DECRETO Nº 926, DE 27 DE ABRIL DE 2010.	 <p>PREFEITURA MUNICIPAL DE PINHAIS ESTADO DO PARANÁ</p> <p>Decreto 1176/2010 Anexo II</p> <p>REQUERIMENTO</p> <p>Eu, _____, portador(a) da cédula de identidade RG nº _____ e inscrito(a) no CPF-ME sob nº _____, residente e domiciliado(a) na Rua _____ nº _____, complemento _____, na cidade de _____ bairro _____ UF _____ CEP _____, telefone: _____, por meio do presente, solicito a</p> <p><input type="checkbox"/> Exclusão <input type="checkbox"/> Inclusão</p> <p>do imóvel no qual resido/ sou proprietário, da lista constante no anexo I do Decreto _____/2010, pelos fatos e fundamentos que passo a expor:</p>

ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2019).

As medidas não-estruturais de adaptação às inundações em Pinhais, implantadas por parte do poder público, necessitam da elaboração de estudos das ameaças, vulnerabilidades e cenários de risco. Tais estudos possibilitam a estruturação de medidas (conhecimento e parcerias estratégicas), que visam firmar planos de recuperação de áreas de risco. Já as medidas não-estruturais implantadas por parte do poder privado resultam da análise empírica de impactos decorrentes de inundações e estratégias autônomas para reduzir os danos. As medidas não-estruturais implantadas por ação conjunta do poder público e privado demonstram a integração de estudos com o conhecimento empírico de quem vive cotidianamente os impactos das inundações.

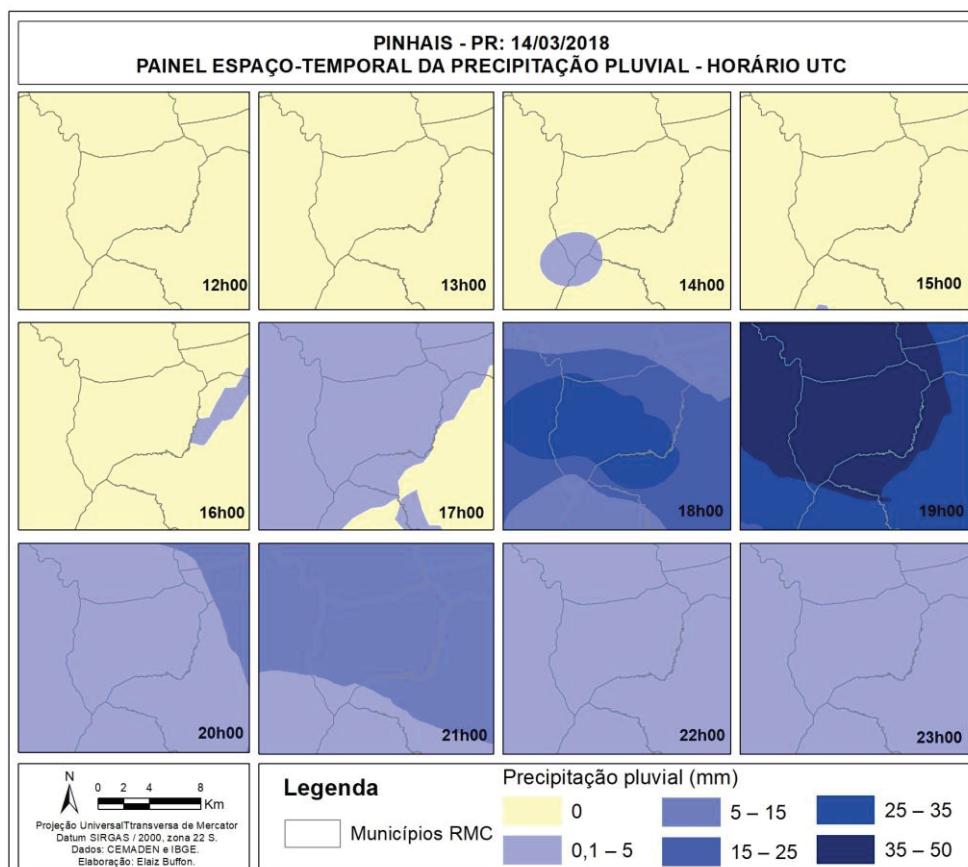
Todas essas medidas não-estruturais evidenciam estratégias planejadas e proativas que consideram as particularidades dos lugares. Vargas (2010, p.28) cita que a gestão de risco “é reflexo do desempenho da gestão pública, em forma de ações integradas nos diferentes temas e instrumentos de desenvolvimento municipal; ações que compreendem o conhecimento e gerenciamento de risco, assim como o gerenciamento de desastre”.

5.3 INUNDAÇÃO ESTRUTURAL: UMA ABORDAGEM EM PINHAIS, PARANÁ

A passagem de uma frente fria no dia 14 de março de 2018 gerou áreas de instabilidade no Paraná, e provocou ocorrências de inundações na Região Metropolitana de Curitiba. Pinhais é um dos municípios da Região Metropolitana de Curitiba que apresentou diversos pontos de inundações. A precipitação pluvial que originou condições propícias, no âmbito climático, para a ocorrência de inundações ocorreu de forma concentrada no tempo, de tal forma que no intervalo de uma hora registrou-se aproximadamente 50mm de chuva em Pinhais.

A figura 34 detalha essa configuração espaço-temporal da precipitação pluvial e permite concluir que entre as 18h00 e 19h00 UTC (equivalente a 15h00 e 16h00 – horário de Brasília) registrou-se os maiores valores de precipitação. O evento foi concentrado temporalmente (aproximadamente 2h), sendo que os valores anteriores e posteriores ao evento são inferiores a 5mm de precipitação pluvial.

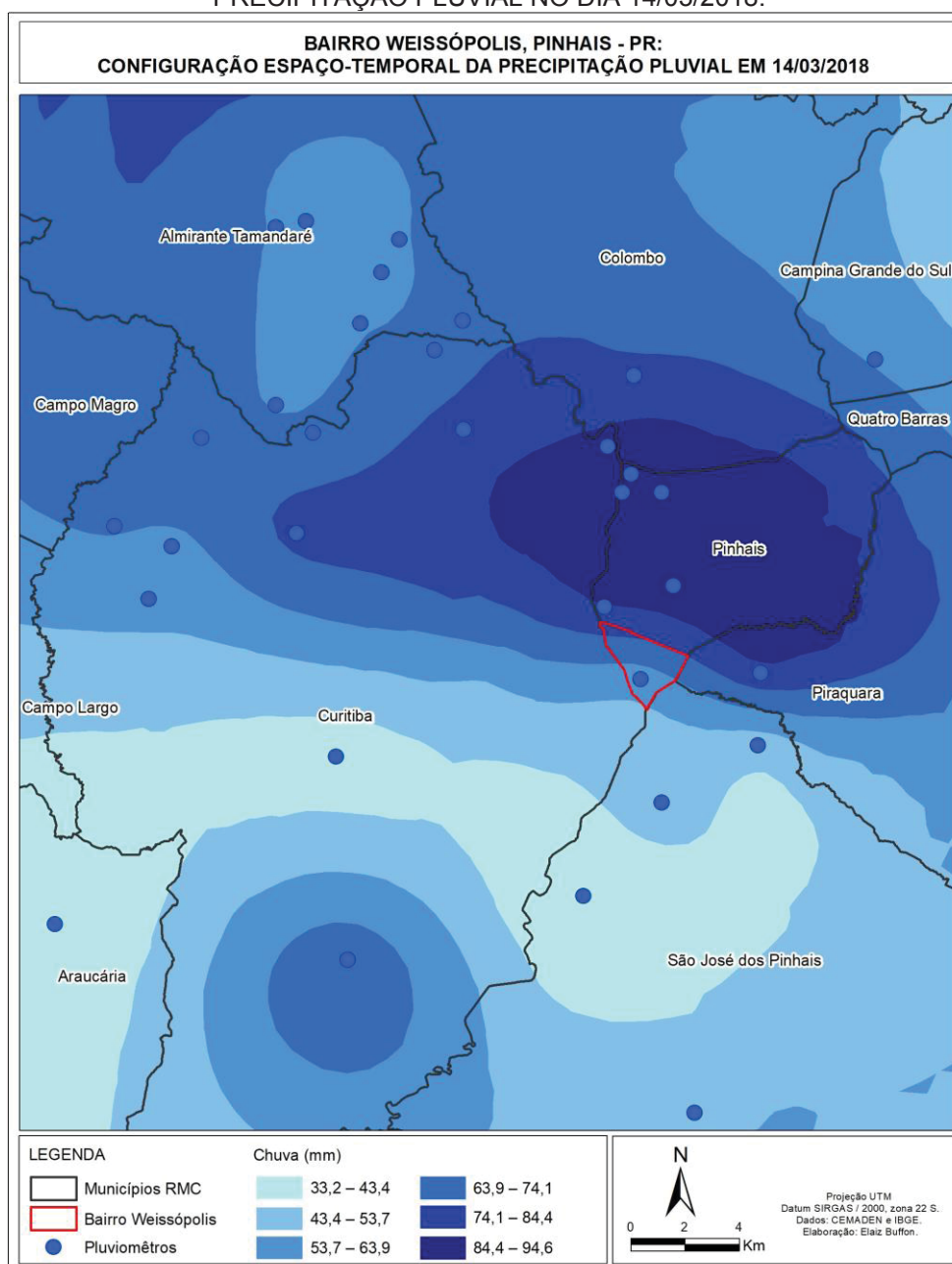
FIGURA 34 - PINHAIS: PAINEL TEMPORO-ESPACIAL DA CHUVA NO DIA 14/03/2018.



ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2020).

Para auxiliar na análise, elaborou-se a figura 35 que possibilita identificar a configuração espacial do total diário de precipitação pluvial registrado em Pinhais e municípios circunvizinhos. Com isso, também, buscou-se identificar essa configuração no bairro Weissópolis, pertencente a Pinhais, que registrou inundação estrutural.

FIGURA 35 - PINHAIS – BAIRRO WEISSÓPOLIS: CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DO TOTAL DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NO DIA 14/03/2018.



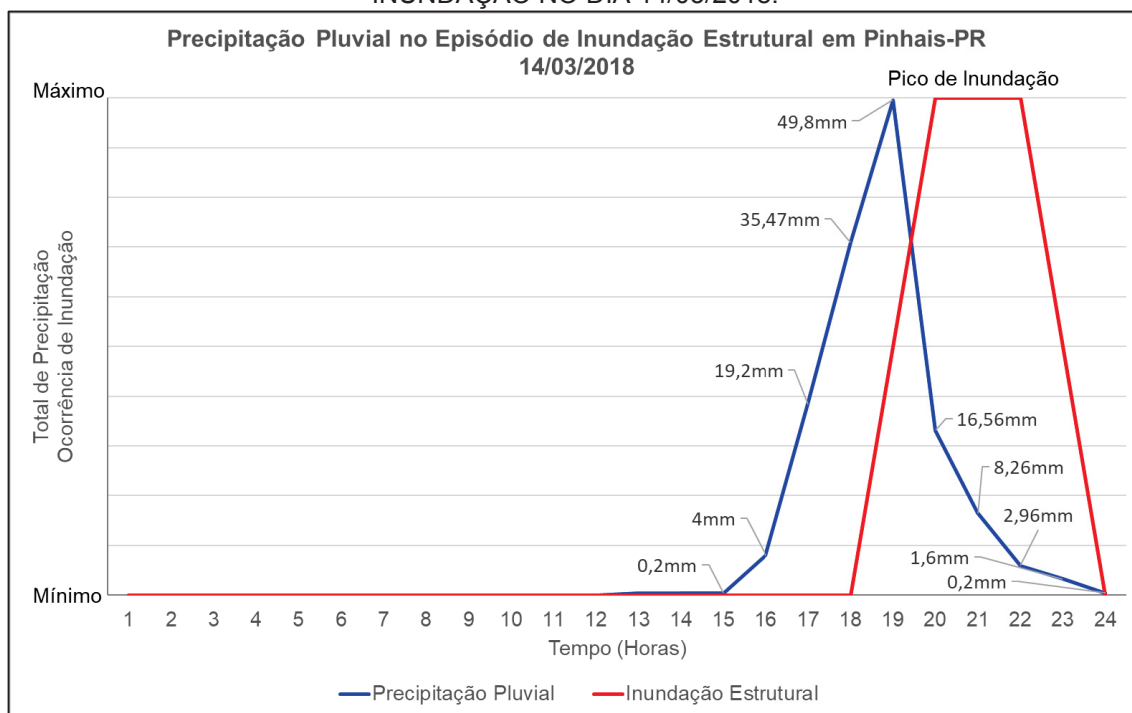
ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2020).

A figura 35 demonstra que a concentração espacial do evento, com os totais de precipitação pluvial mais elevados (84,4 – 94,6 mm) em Pinhais e em parte da bacia do Rio Atuba. No entanto, na área do bairro Weissópolis a precipitação pluvial variou de 53,7 a 84,4 mm. Mas, sabe-se que a área à oeste do bairro Weissópolis é afetada pela dinâmica hidrológica da bacia do Rio Atuba, fato que justifica o episódio de inundação verificado. No âmbito da dinâmica hidrológica, observa-se que os maiores valores de precipitação pluvial se localizam da região central sentido sul da bacia, o que gera uma vazão maior devido a menor área de deslocamento até a área do bairro Weissópolis.

A figura 36 possibilita entender de modo mais detalhado a relação espaço-temporal entre a precipitação pluvial e o episódio de inundação estrutural. Considerando a dinâmica hidrológica citada acima, depreendem-se que o episódio de inundação estrutural se inicia logo após o valor máximo de precipitação pluvial, sendo o pico de inundação estrutural ascendente mesmo com diminuição da precipitação pluvial. O pico de inundação estrutural permanece estável por um período de tempo (neste caso 3h), sendo esse período diretamente associado a dinâmica hidrológica da bacia e do rio principal da bacia da região. Essa dinâmica, por sua vez, depende da configuração pluvial da região, que permite diferentes vazões entre os rios.

A estabilidade do evento de inundação estrutural decorre da condição de enchente no rio, visto que a água busca o equilíbrio, conforme o princípio dos vasos comunicantes citado anteriormente. Cabe destacar, que a curva do episódio de inundação estrutural sempre será ascendente, isso porque ela indica o equilíbrio do fluido (água do rio), considerando a superfície aberta interna e externa ao rio.

FIGURA 36 - PINHAIS: REPRESENTAÇÃO INTEGRADA DA PRECITAÇÃO PLUVIAL E DA INUNDAÇÃO NO DIA 14/03/2018.



ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2020).

O que é importante caracterizar no âmbito das bacias hidrográficas é o tempo de atraso do episódio de inundação frente ao evento máximo de precipitação pluvial da bacia. Assim, é imprescindível estudos para definir o período de estabilidade da curva de inundação estrutural. Esses estudos precisam considerar as unidades hidrográficas de modo integrado, de forma a evidenciar as particularidades dos rios de primeira, segunda e terceira ordem frente a dinâmica hidrometeorológica associada às condições geomorfológicas da área.

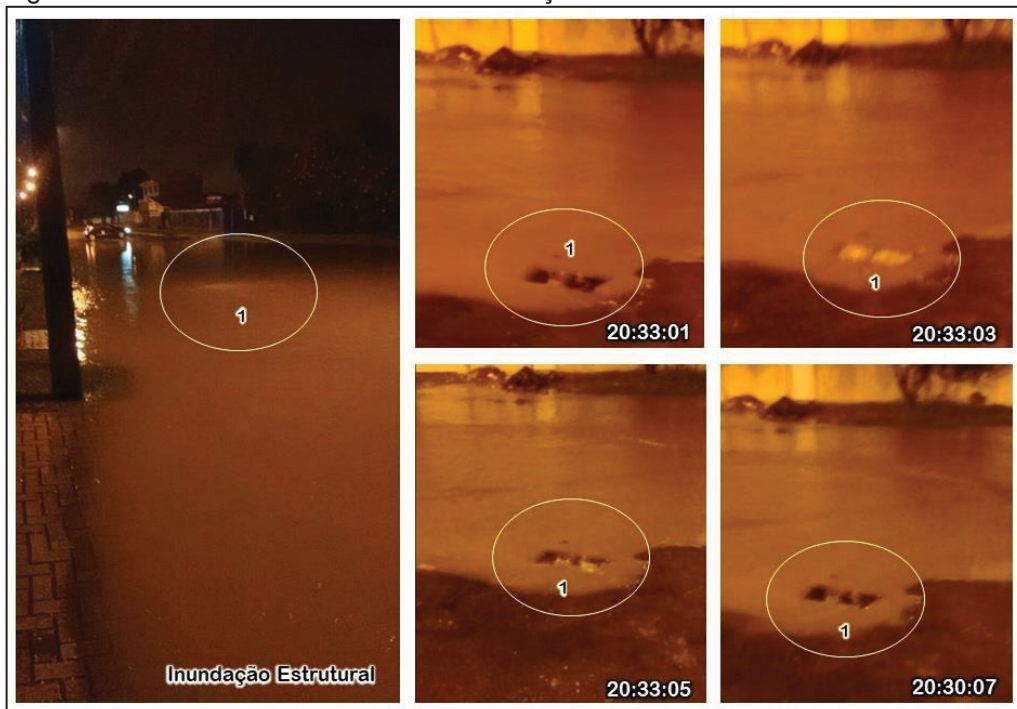
A caracterização do episódio inundação estrutural do dia 14 de março de 2018 no bairro Weissópolis é apresentada nas figuras 37 e 38, tanto na condição crescente e decrescente. A figura 37 detalha o processo de refluxo (fase crescente) da água do rio pela galeria pluvial até chegar a superfície da rua, com saída da água pela boca de lobo. A figura 38 ilustra o processo de captação (fase decrescente) da água da inundação pela boca de lobo para desaguar no rio.

FIGURA 37 - PINHAIS: ÍNICIO DA INUNDAÇÃO ESTRUTURAL NO DIA 14/03/2018.



Fotos: Trabalho de Campo (2018). ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2020).

Figura 38 - PINHAIS: TÉRMINO DA INUNDAÇÃO ESTRUTURAL NO DIA 14/03/2018.



Fotos: Trabalho de Campo (2018). ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2020).

Na figura 37 o círculo com o número 1 destaca o processo de refluxo da água pela galeria pluvial com saída na boca de lobo, considerando a sequência de

imagens de um vídeo. As flechas com o número 2 ressaltam a busca de equilíbrio do fluído água, com acúmulo da água nas áreas de menor altitude, e assim demonstram a necessidade de considerar o modelo digital do terreno integrado ao de modelo digital de superfície na análise da inundação.

Na figura 38 o círculo com o número 1 demonstra que após algumas horas em relação as imagens da figura 37, a função de origem da boca de lobo, captação da água da rua, é retomada de forma a promover o recuo da inundação estrutural, por meio do escoamento da água para o rio novamente. Desse modo, entende-se que o problema da inundação estrutural não decorre da falta de limpeza das galerias pluviais ou das bocas de lobo, mas sim de um problema na execução da obra do sistema de drenagem que tem como objetivo escoar a água da rua.

Essa conclusão emite um alerta perante ao uso de modelos para mapear as áreas urbanas de inundações. Para detalhar essa análise de modelos de inundação, elaborou-se a figura 39 que determina as ruas com risco de inundação através do modelo hidrodinâmico. Esse modelo é um dos mais apropriado para ambientes urbanos, e exige uma base de dados precisa e com alto nível de detalhamento conforme demonstrado por Suderhsa (2002).

Neste viés, a figura 39 destaca em amarelo as ruas com risco de inundação, considerado esse modelo, e em vermelho as ruas com registros de inundação no episódio de 14 de março de 2018. Em verde é apresentado as ruas sem risco de inundação, e sem registros considerando o episódio supracitado.

A análise do modelo hidrodinâmico de inundação, a partir das situações das ruas, permite afirmar que o uso na íntegra desse modelo para pautar tomada de decisões frente ao risco de inundação pode incorrer no problema de desconsiderar áreas que são afetadas. Por isso, torna-se necessário considerar a base conceitual da inundação estrutural para incrementar esse modelo com variáveis que considere o processo de refluxo da água pelas galerias pluviais. Essa análise específica desse bairro demonstra o padrão espacial aleatório da inundação estrutural, enquanto que a inundação marginal considerada no modelo hidrodinâmico apresenta um padrão agregado, especialmente em áreas que permite o transbordamento da água do rio pela margem.

FIGURA 39 - PINHAIS: O MODELO HIDRODINÂMICO E A INUNDAÇÃO ESTRUTURAL DO DIA 14/03/2018 NO BAIRRO WEISSÓPOLIS.



ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2020).

O padrão aleatório da inundação estrutural refere-se, principalmente, ao fato de depender da localização das bocas de lobo, sumidouros e bueiros para o refluxo da água na superfície. Além disso, depende da manutenção e limpeza adequada desses equipamentos, de forma que torne possível executar o refluxo da água do rio pelas galerias.

A ilustração dessa inundação estrutural é apresentada ainda na figura 39, a partir de três fotos. O ponto 1 (foto 1), caracteriza uma situação de inundação na rua Rio Ivaí esquina com a rua Rio Solimões, lugar em que foi registrado um veículo sendo afetado pela inundação, e a necessidade de auxílio de um bote inflável para retirada dos ocupantes. O ponto 2 (foto 2) mostra veículos em movimento na via inundada indicando a ausência de placas informativas do risco de inundação, que se torna essencial para prevenir impactos em cidades que são afetadas de modo frequente. O ponto 3 (foto 3), representa uma situação de via inundada e a adoção de uma medida de alarme pela população, ao colocar um veículo (branco) atravessado na via, de modo a indicar o impedimento de passagem deste ponto em diante devido a situação de inundação.

A análise desse episódio de inundação estrutural no bairro Weissópolis em Pinhais, ilustra e caracteriza uma condição que precisa ser mais explorada em diferentes lugares. Portanto, essa caracterização serve como uma abordagem introdutória a base conceitual de inundação estrutural. Cabe análises em áreas com distintas vulnerabilidades sociais e ambientais, a fim de identificar novos fatores da configuração de episódios de inundações em áreas urbanas.

Pisani e Bruna (2014, p.1172) citam que “controlar uma inundação significa intervir em vários processos e elementos envolvidos, tentando minimizar seus efeitos”. Buscando sintetizar os avanços conceituais e metodológicos apresentados neste capítulo, o próximo item visa destacar possibilidades e limites no mapeamento de risco de inundações em áreas urbanas.

5.4 INUNDAÇÃO ESTRUTURAL E GESTÃO DE RISCOS

A hipótese da presente pesquisa de doutorado é confirmada a partir dos resultados apresentados. Assim, identificou-se uma uniformidade conceitual no tratamento das inundações em áreas urbanas, que precisa ser atualizada após o surgimento de novos processos na gênese das inundações.

Dessa maneira, o uso do conceito inadequado no processo de construção da modelagem e do mapeamento das inundações pode produzir informações não condizentes com a realidade, uma vez que não consideram a heterogeneidade e dinamicidade do fenômeno, tanto do ponto de vista espacial e temporal. Nesse sentido, cabe lembrar o questionamento de Monteiro (2011, p.57) quando relata os problemas nas obras de infraestrutura, “Não seria tempo de procurar um *know-how* próprio e mais eficaz?”.

Esse questionamento aplica-se as obras, e também, aos estudos que orientam essas obras, visto a necessidade de utilização da observação empírica nas pesquisas científicas. Os estudos devem abordar a realidade “atual”, e conforme ressalta Monteiro (2011, p.57) para isso é necessário buscar “o ponto de encontro interdisciplinar do planejamento”, com o propósito de construir um sistema integrado de planejamento urbano. Hayakawa e Ultramari (2008p.3) destacam “a importância do planejamento urbano nas ações de prevenção e redução de ocorrências de situações de risco”.

A produção de informações, a partir da aplicação de metodologias para análise de risco, gera decisões de projetos que podem aumentar ou diminuir o potencial de risco. Para isso, atenta-se a necessidade de buscar bases conceituais atuais e que correspondam aos processos dos fenômenos estudados. Com isso destaca-se que, essa pesquisa aponta a necessidade de um avanço na base conceitual de inundação, que não significa desconsiderar a ocorrência dos processos já conhecidos, mas atentar-se para os novos processos que estão surgindo em decorrência dos impactos da implantação de medidas de intervenções. O quadro 11 sintetiza o processo de validação da hipótese desta pesquisa.

QUADRO 11 - SÍNTESE DOS PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS COM A VALIDAÇÃO DA HIPÓTESE DA PESQUISA.

PROCESSO DE VALIDAÇÃO DA HIPÓTESE	
Hipótese: A uniformidade conceitual no tratamento das inundações em áreas urbanas condiciona o uso de propostas metodológicas que produzem informações não condizentes com a realidade, uma vez que não consideram a heterogeneidade e dinamicidade, tanto do ponto de vista espacial quanto temporal, do fenômeno.	
Proposta Conceitual	<p>Classificação das inundações em:</p> <p>Marginal: processo de transbordamento da água do rio pelas áreas marginais (planície de inundação, várzeas ou leito maior do rio) quando a enchente atinge a cota acima do nível máximo da calha do rio.</p> <p>Estrutural: processo de refluxo das águas do rio pelas galerias pluviais com saída da água para a superfície (ruas, calçadas) pelas bocas de lobo, bueiros e sumidouros, quando a enchente atinge a cota acima do nível máximo da calha natural do rio.</p>
Proposta Metodológica	Elaboração de um manual de gestão integral do risco de inundações , com definições alinhadas entre as bases conceituais dos fenômenos e os critérios metodológicos para registro de dados, para as análises do risco e, para as implantações de medidas para prevenção, mitigação, recuperação, preparação e resposta.
Resultados	Análises do risco de inundações em áreas urbanas pautadas em

das propostas	<p>propostas metodológicas que produzam informações mais condizentes com a realidade, a partir da consideração da heterogeneidade e dinamicidade temporal e espacial do fenômeno.</p> <p>Pesquisas científicas com metodologias comparáveis na análise do risco de inundações no Brasil, disponíveis em uma plataforma do Observatório de Riscos de Inundações no Brasil, que possam ser utilizadas como auxiliar na tomada de decisão dentro das ações dos macroprocessos da gestão integral de riscos.</p>
---------------	--

ELABORAÇÃO: Elaiz Buffon (2020).

A proposta conceitual e metodológica para análise do risco enfatiza a necessidade de uma abordagem integradora. O avanço para essa abordagem necessita de aprimoramentos no âmbito da gestão de riscos no Brasil. Abaixo, são elencadas algumas possibilidades que visam a adoção de um sistema integrado de pesquisas e ações práticas no âmbito dos macroprocessos da gestão integral de riscos.

- A política de gestão de riscos de desastres no Brasil, disposta no Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), preconiza cinco macroprocessos inter-relacionados (prevenção, mitigação, preparação, reposta e recuperação), mas, deve considerar a necessidade de uma abordagem de riscos híbridos. Isso implica em reconhecer e integrar impactos sociais, ambientais e tecnológicos. A construção de metodologias planejadas e avaliadas frente a abordagem híbrida do risco possibilita executar uma gestão integral de riscos.
- As metodologias para análise do risco de inundação devem ser capazes de diferenciar processos dinâmicos que configuram o desastre. Isso é fundamental para estimular a adoção de conceitos de inundação mais adequados frente aos processos.
- É imprescindível a definição de profissionais específicos da temática para implantação de pesquisas científicas que visem pautar as tomadas de decisões da gestão de riscos de inundações. Essas pesquisas devem possuir alinhamento de critérios metodológicos e interpretações legais a serem

adotadas na análise do risco de inundações, que visem contribuir para uma gestão integral.

- As intervenções devem ser construídas com base em estudos científicos capazes de orientar a gestão de risco, permitindo que as medidas estruturais e não-estruturais de controle de inundações sejam desenvolvidas com o objetivo de erradicar e/ou prevenir os desastres decorrente da efetivação do risco. Para tanto, sugere-se a implantação de redes nacionais de pesquisa cooperativa e interdisciplinar.
- Atualmente no Brasil, a defesa civil municipal atende aos chamados de ocorrências de desastres decorrentes de inundações, e as ações desse órgão se concentram no comando e controle. Nesse sentido, é fundamental a estruturação adequada e capacitada para realizar pesquisas no âmbito municipal que sigam os critérios e interpretações legais padronizados para a nível estadual e nacional.
- A legislação nacional deve considerar as pesquisas científicas para definição das áreas de riscos de inundações, que restringem e/ou permitem empreendimentos diferenciados dependendo do grau de risco.
- A ampliação da pesquisa científica no Brasil nos últimos anos resultou em vários estudos de diagnósticos das inundações em diferentes estados, cidades e áreas urbanas. É comum a existência de particularidades entre as diversas cidades, e é incomum as metodologias comparáveis, fato que promove grande dificuldade de aplicação de tais pesquisas na tomada de decisão. Com isso, é importante elaborar um manual de gestão de risco de inundações descrevendo a base conceitual e a metodologia adotada para cada fenômeno distinguido, de forma a subsidiar a destinação de recursos nacionais para os macroprocessos da gestão de riscos de desastres.

Esses rumos sugeridos para aprimoramento da gestão integral de riscos, no âmbito específico das inundações em áreas urbanas, podem ser alcançados com o envolvimento dos poderes público e privado, na escala do local ao global.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento desta tese de doutorado possibilitou apresentar análises no campo conceitual-metodológico da problemática das inundações em áreas urbanas. Os padrões de inundações em áreas urbanas são dinâmicos no espaço e no tempo, e as medidas de adaptação urbana configuram diferentes estágios de inundações. Tais estágios evidenciam distintos processos que permitem avançar na concepção do fenômeno de inundação em áreas urbanas, e assim confirmar a hipótese desta pesquisa.

Esse avanço decorre da identificação de um quarto estágio, que distingue inundação marginal e estrutural, apontando a necessidade de diferenciar esses conceitos nas propostas metodológicas e, não nos registros em bancos de dados. Os dois tipos de inundação se diferenciam pela forma de extravasamento da água do rio, uma vez que ocorre o transbordamento pela margem do rio quando ultrapassa a condição de enchente, e o processo de refluxo pelas galerias pluviais com extravasamento da água nas bocas de lobo, bueiro e sumidouro.

Nesse sentido, tais processos interferem diretamente na avaliação do risco, que auxiliam a tomada de decisões (gestão) e na redução de riscos. Mesmo com o número crescente de pesquisas e avanços na temática da gestão de riscos de inundações, nota-se um número crescente de inundações e impactos associados. Esse aspecto, se deve em parte a ocupação urbana desordenada, mas, também na execução de medidas estruturais e não estruturais que não estão atendendo aos objetivos propostos, em especial, de reduzir os riscos.

Cabe ressaltar nesse contexto, a importância de definir e/ou revisar constantemente os conceitos (processos) base de fenômenos que promovem desastres, além de identificar os fatores que reduzem ou aumentam os riscos. Além disso, torna-se fundamental a inserção da abordagem de riscos híbridos, como meio para a construção de propostas metodológicas que visam subsidiar a gestão integral de riscos.

Essa pesquisa corrobora com outras anteriores, quando se compreende, que a drenagem de águas pluviais que desaguam diretamente nos rios ou em canais associados, segue o princípio dos vasos comunicantes, proposto por Simon Stevin. A aplicação desse princípio nos estudos de inundações em áreas urbanas, permite concluir que a água do rio em condição de enchente busca o equilíbrio. Assim,

quando não é possível o transbordamento da água do rio pela margem, devido a implantação de medida de adaptação urbana, inicia-se o processo de refluxo pelas galerias pluviais que estão conectadas ao rio.

É importante salientar que esta pesquisa se baseou na perspectiva holística, sendo necessário novas pesquisas a partir da abordagem multi e interdisciplinar da temática. São necessárias diferentes áreas do conhecimento para que se estabeleçam conclusões mais aprofundadas, especialmente, no âmbito da proposição de meios para a modelagem do risco de inundação estrutural. Embora, a complexidade de definir elementos e fatores com precisão para a modelagem do risco de inundações é identificada nos dois tipos de inundações (marginal e estrutural).

Sob essa ótica, a construção de propostas metodológicas multidisciplinares para a modelagem e mapeamento do risco de inundação estrutural deve ser uma prioridade na gestão de desastres associados às inundações. A necessidade de diferenciar os dois tipos de inundações, marginal e estrutural, pode contribuir para (re) planejar a implantação de medidas estruturais e não estruturais para controle das inundações em áreas urbanas, que necessita de discussões no âmbito dos órgãos de gestão.

Em conjunto, torna-se fundamental criar mecanismos, com apoio nas geotecnologias, de acompanhamento dos impactos da implantação dessas medidas. A criação de um manual que oriente as pesquisas sobre inundações, também pode resultar em uma importante ferramenta de apoio à tomada de decisão na gestão. Novas pesquisas sobre a inundação estrutural são necessárias para comprovar as informações aqui apresentadas, sobretudo na diferenciação dos processos de inundações em diferentes escalas temporais e espaciais. Contudo, é importante definir bases conceituais de inundações que considerem esses novos processos decorrentes da implantação de medidas de adaptação urbana.

Cabe, especialmente, a ciência geográfica o papel de investigar os mapeamentos de risco de inundação apresentados aos gestores, de modo a garantir a eficiência do objetivo de reduzir os riscos. Com isso, é possível avançar nas propostas de ações na gestão integral de riscos de inundações, contribuindo com a sociedade.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. Q. de. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, região metropolitana de Fortaleza, Ceará.** 278 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.
- AAKER, D. A; KUMAR, V; DAY, G. S. **Pesquisa de Marketing.** São Paulo: Atlas, 2001.
- BISWAS, A. K. **History of Hydrology.** North-Holland Pub. Co, Amsterdam, 1970.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios.** Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007.
- BRASIL. **Lei 12.608, de 10 de Abril de 2012.** Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres. Diário Oficial, Brasília, 11 abr. 2012.
- BRASIL. **Decreto nº 7.257 de agosto de 2010.** Institui o Sistema Nacional de Defesa Civil – SINDEC. Disponível em: Acesso em 09 outubro 2017.
- BRASIL. **Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012.** Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm. Acesso em 10 outubro de 2017.
- Brasil. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Departamento de Prevenção e Preparação. Módulo de formação: **noções básicas em proteção e defesa civil e em gestão de riscos: livro base** / Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, Departamento de Minimização de Desastres. - Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017.
- BOTELHO, R. G. M; SILVA, A. S da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; VITTE, A. C. (Org.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.
- BOTELHO, R. G. M. Bacias Hidrográficas Urbanas. In: GUERRA, A. J. T.(org.). **Geomorfologia Urbana.** Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, cap. 3. p.72-115. 2011.
- BUFFON, E. A. M. **A leptospirose humana no AU-RMC (Agglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba/PR) – risco e vulnerabilidade socioambiental.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016, 171f.
- BUFFON, E. A. M.; PAZ, O. L. S.; SAMPAIO, T. V. M. Uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) para mapeamento das vulnerabilidades à inundação urbana:

referenciais e bases de aplicação. **Revista do Departamento de Geografia**, Volume Especial – Eixo 9, p. 180-189, 2017a.

BUFFON, E. A. M.; GOUDARD, G.; MENDONÇA, F. A. Gestão de risco de desastres e medidas de adaptação em áreas de inundação urbana em Pinhais, Paraná – Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, Nº 69/4, Edição Desastres Naturais e Impactos Ambientais: 635-646, 2017b.

BUFFON, E.; SAMPAIO, T.; PAZ, O. Veículo aéreo não tripulado (VANT) - aplicação na análise de inundações em áreas urbanas. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)**, n.º 13 (junho). Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, p. 85-108, 2018a.

BUFFON, E. A. M; PAZ, O. L. S. . Geoprocessamento para mapeamento das áreas de risco de inundações: uma aplicação na sub-bacia hidrográfica do Rio Palmital, Colombo e Pinhais - Paraná. **Revista Brasileira De Geografia Física**, v. 11, p. 2109-2114, 2018b.

BUFFON, E. A. M; SOUSA, M. S. de . Proposta metodológica para avaliação dos registros secundários de alagamentos: uma abordagem a partir de Curitiba-Paraná, Brasil. **Caminhos da Geografia (UFU. Online)**, v. 19, p. 188-204, 2018c.

BUFFON, E. A. M.; MENDONÇA, F. A. A Leptospirose Humana em Curitiba (PR) - formação e configuração socioespacial do risco híbrido. In: Martha Priscila Bezerra Pereira; Sandra Célia Muniz Magalhães. (Org.). **Perspectivas Geográficas da Saúde Humana**. 1ed.Campina Grande: EDUEFCG, 2018d, v. 1, p. 117-128.

BUFFON, E. A. M.; MENDONÇA, F. A.; SANCHES, R. M.; FERNANDES, M. F. Inundações urbanas e risco híbrido: princípios e aplicação com emprego do SIG. In: XIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2018, Juiz de Fora. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, 2018e. v. 1. p. 1-10.

CASTRO, A. L. C. **Manual de planejamento em defesa civil**. Vol.1. Brasília: Ministério da Integração Nacional/Departamento de Defesa Civil. 1999, 133p.

CUNHA, L. Vulnerabilidade e Riscos Naturais: exemplos em Portugal. In: FREITAS, M. I. C. de.; LOMBARDO, M. A.; ZACHARIAS, A. A. **Vulnerabilidades e riscos: reflexões e aplicações na análise do território**. Rio Claro (SP): UNESP – IGCE-CEAPLA, 2015, p.55-62.ISBN: 978-85-89082-42-6.

CUTTER, S. L. Vulnerability to environmental hazard. **Progress in Human Geography**, v. 20, n.4, 1996, p.-529-539.

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e controles de enchentes**. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CASTRO, A. L. C. *Glossário de defesa civil: estudo de riscos e medicina de desastres*. Brasília: MPO/ Departamento de Defesa Civil, 283 p., 1998.

CASTRO, A. L. C de. Manual de Desastres. Volume I: Desastres Naturais. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003.

CARNEIRO, P. R. F.; MIGUEZ, M. G., 2011: **Controle de inundações em bacias hidrográficas metropolitanas**. São Paulo: Annablume.

CHIN, A. Urban transformation of river landscape in a global context. **Geomorphology**, v. 79, 2006, p. 460-487.

CHRISTOPHERSON, R. W. **Geossistemas: uma introdução à geografia física**. 7 ed., Porto Alegre: Bookman, 2012, 728 p.

CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO BRASILEIRA DE DESASTRES – **COBRADE**. 2012. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/defesa-civil/legislacoes>. Acesso em: 15 março de 2016.

COMEC - COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA, SEPLA – SECRETARIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL. **Relatório de Atualização e Alteração do Diagnóstico do Zoneamento Ecológico Econômico da APA Estadual do Passaúna**. 2000.

COMEC – COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. **Dados da Região Metropolitana de Curitiba**. Disponível em: <http://www.comec.pr.gov.br/Pagina/Dados-da-Regiao-Metropolitana-de-Curitiba>, acesso em 10 de março de 2020.

COMUNELLO, E. **Dinâmica de inundações de áreas sazonalmente alagáveis na planície aluvial do alto Rio Paraná**. 47 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Maringá, 2001, 47f.

CUNHA, S. B. Canais fluviais e a questão ambiental. In: CUNHA, S. B. & GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **A questão ambiental: diferentes abordagens**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p.219-238.

DAUPHINÉ, A. **Risques et catastrophes** – Observer, spatialiser, comprendre, gérer. Paris: Armand Colin, 2001.

DESCHAMPS, M. V. **Vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Curitiba/PR**. 192 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

DESCHAMPS, M. V. (Coord.) **Vulnerabilidade Socioambiental das Regiões Metropolitanas Brasileiras**. Observatório das Metrôpoles – IPPUR/FASE, 2009.

DUBOIS-MAURY, J.; CHALINE, C. **Les risques urbains**. Paris: Armand Colin, 2002.

EM-DAT-CRED (2004). **International Disaster Database**, - Université Catholique de Louvain, Belgium (2005). (Disponível em www.em-dat.net, acessado em 05 de maio de 2020).

ENOMOTO, C. F. **Método para elaboração de mapas de inundação estudo de caso na bacia do Rio Palmital, Paraná**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2004, 122f.

FENG, Q; LIU, J; GONG, J. Urban flood mapping based on unmanned aerial vehicle remote sensing and random forest classifier—A case of Yuyao, China. **Water**, v. 7, n. 4, 2015, p. 1437-1455, DOI: 10.3390/w7041437.

FEW, R.; AHERN, M.; MATTHIES, F.; KOVATS, S. Floods, health and climate change: a strategic review. **Tyndall Centre**, 2004. 138p. (Working Paper 63).

FRENDRICH, R.; FREITAS C.O.A. **Estudo de Chuvas Intensas do Estado do Paraná**, ISAM-PUC, 1999.

FENDRICH, R.; MALLUCELI, F. C. Macrodrenagem Urbana: Canais Abertos Versus Canais Fechados”. **Revista Acadêmica da PUCPR: Ciências Exatas (Engenharias)**. Curitiba – PR. Ano XI/N.1, 2000, p. 49-59.

GEISSLER, H.J. e LOCH, R.E.M. **Análise Histórica das enchentes em Curitiba – PR, medidas propostas e consequências observadas**. Florianópolis: UFSC, 2004.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIRARDI, E. P. **Proposição de uma cartografia geográfica crítica e sua aplicação no desenvolvimento do atlas da questão agrária brasileira**. Tese (Doutorado em Geografia), Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente 2008.

GREGORY, K.J. The human role in changing river channels. **Geomorphology**, v.79, 2006, p.172-191.

GREGORIO, L. T.; SAITO, S. M.; SAUSEN, T. M. Sensoriamento remoto para a gestão de risco de desastres naturais. In: SAUSEN, T. M. & LACRUZ, M. S. P. **Sensoriamento Remoto para desastres**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015, p. 43-67. ISBN: 978-85-7975-175-2.

GOERL, R. F. Reflexões sobre o registro de desastres naturais no Brasil (Pós-facio). In: SILVEIRA, W. N.; KOBIYAMA, M.; GOERL, R. F.; BRANDENBURG, B. **História de Inundações em Joinville 1851 - 2008**. Curitiba: Organic Trading, 2009, p. 149 – 153.

GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M. Considerações sobre as inundações no Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 16, 2005, João Pessoa. **Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. João Pessoa: ABRH, 2005. Disponível em: http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/ABRH2005_inundacoes.pdf. Acesso em novembro, 2014.

GOUDARD, G. **Eventos e Episódios Pluviais Extremos em Curitiba (PR): uma abordagem a partir dos riscos e vulnerabilidades socioambientais**. 129 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

GRASSI, J.; DEPPE, F.; LOHMANN, M.; SANGOI, D. S. Mapeamento da vulnerabilidade a inundações e deslizamentos de terra no estado do Paraná. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, SBSR - INPE**, 16., Foz do Iguaçu, 2013, p.2051-2058.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas de saneamento 2011 – Glossário**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv53096_glossario_equipetec.pdf, acesso em 13 de agosto de 2020.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base de informações do Censo Demográfico 2010: resultados do universo agregados por setor censitário**. Rio de Janeiro, 2011b.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>, acesso em 10 de maio de 2020.

HALL, K. B., PORTERFIELD, G. A. **Community by Design**. McGraw Hill, USA, 2001.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física, v. 2, 10. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, c2016.

HAYAKAWA, I. F. ; ULTRAMARI, C. Situações de risco ambiental como definidoras de inflexões no planejamento e na gestão. In: **XVI Encontro Nacional de Estudos Populacionais**, 2008, Caxambu. Anais do XVI Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 2008.

HOFFMANN, T.C.P. **Eventos Climáticos Extremos: Inundação e Gestão de Riscos no Paraná**. 106f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, 2013.

JÚNIOR NASCIMENTO, L. **Clima urbano, risco e vulnerabilidade em cidades costeiras do mundo tropical: estudo comparado entre Santos (Brasil), Maputo (Moçambique) e Brisbane (Austrália)**. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciência e Tecnologia, Presidente Prudente, 2018, 176 f.

KAFLE, T. P.; HAZARIKA, M. K.; SHRESTHA, K. C.; PRATHUMCHAI, K.; SAMARAKOOM, L. Integration of remote sensing and GIS model with flood simulation model for flood hazard mapping in the Bagmati river, Nepal. In: **International Symposium on New Technologies for Urban Safety of Megacities in Asia**, 5., Phuket Thailand, 2006, p. 257-268.

KANG, R. S.; MARSTON, R. A. Geomorphic effects of rural-to-urban land use conversion on three streams in the central red bed plains of Oklahoma. **Geomorphology**, v. 79, p. 488-506, 2006.

KÖMÜSÇÜ, A. Ü; ERKAN, A.; ÇELİK, S. (1998). "Analysis of meteorological and terrain features leading to the Izmir flash flood, 3-4 November 1995". *Natural Hazards*, v. 18, pp. 1-25.

KOBIYAMA, M. *et al.* **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba, PR: Ed. Organic Trading, 2006. 109 p.

KRON, W. "Keynote lecture: Flood risk = hazard x exposure x vulnerability". **Proceedings of Second International Symposium of Flood Defense**, Beijing, 2002, pp 82-97.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, M.de A. **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2007.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G.; MILLER, J. P. **Fluvial processes in geomorphology**. San Francisco: Freeman and Co. 1964, 522 p.

LIEBER, R. R; LIEBER-ROMANO, N. S. O conceito de risco: Janus reinventando. In: MINAYO, M. C. de S & MIRANDA, A. C. **Saúde, ambiente e desenvolvimento: estreitando nós**. Rio de Janeiro: Ed. Fiocruz, 2002, p.69-112.

LONGLEY, P. A; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J; RHIND, D. W. **Sistemas e ciência da informação geográfica**. 3. Ed., Porto Alegre: Bookman, 2013, 540 p.

MARANDOLA, E. J.; HOGAN, D. J. Vulnerabilidade e Riscos: entre a geografia e a demografia. In: **XIV Encontro Nacional de Estudos Populacionais da Abep**, 20-53, 2005.

MARCELINO, E. V. 2007. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos básicos**. Santa Maria: CRS/INPE. 20p. Disponível em: <http://www.inpe.br/crs/geodesastres/publicacoes.php>, acesso em 25 de novembro de 2018.

MARTINELLI, M. **Curso de cartografia temática**. 1. ed. São Paulo: Contexto, 1991.

_____. **Mapas da geografia e cartografia temática**. São Paulo: Contexto, 2003.

MENDONÇA, F. **Impactos socioambientais urbanos**. Curitiba: Editora da UFPR, 2004.

_____. Riscos e Vulnerabilidades socioambientais urbanos a contingência climática. **Mercator**, v 9, n.1, p.153-163, dez/2010.

_____. Les inondations urbaines a Curitiba (Brésil). In: **XXV Colloque de l'AIC - Association Internationale de Climatologie**, Grenoble. Actes du XXV Colloque de l'AIC. Grenoble: Univ Grenoble, v. 1. 2012, p. 517-523.

MENDONÇA, F. A.; DANNI-OLIVEIRA. **Climatologia: Noções Básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MENDONÇA, F. A.; DESCHAMPS, M.; LIMA, M.D.V.de. A cidade e as mudanças globais: (intensificação?) – Riscos e Vulnerabilidades Socioambientais na RMC – Região Metropolitana de Curitiba/ PR. In: OJIMA, R; MARANDOLA JR, E. **Mudanças Climáticas e Cidades: novos e antigos debates na busca da sustentabilidade urbana e social**. São Paulo: Blucher - Coleção População e Sustentabilidade, 2013. p.129-162.

MENDONÇA, F. A.; BUFFON, E. A. M.; GOUDARD, G. l'adaptation urbaine au changement climatique global: les inondations à Curitiba et Pinhais (Brésil) In: **XXVIII Colloque de l'Associon Internationale de Climatologie**. Liège (Sart-Tilman)/Belgique, 2015.

MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT – **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 176 p.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEO-USP, 1975. (Série Teses e Monografias, nº. 25).

_____. Teoria e clima urbano: Um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO, C.A.F. & MENDONÇA, F.A. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2011.

MUNSON, B.R., YOUNG, D.F., OKIISHI, T.H., Fundamentos da Mecânica dos Fluidos. Ed. Edgard Blucher, Tradução da edição americana, 2004.

NETTO, A. L. C. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2ed., 1995.

NOBRE, C. et al.. Vulnerability of Brazilian megacities to climate change: The São Paulo Metropolitan Region (RMSP). In: MOTTA, Ronaldo S. et al.. **Climate change in Brazil: economic, social and regulatory aspects**. Brasília: IPEA, 2011.

NWS/NOAA - NATIONAL WEATHER SERVICE/NATIONAL OCEANIC ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. (2004). Glossary. (Disponível em <http://www.nws.noaa.gov/glossary/> acessado em 10 de outubro de 2019).

NUSSENZVEIG, M. H. Curso de Física Básica 2: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor, 4. ed. – São Paulo: Blucher, 2002.

NUSSENZVEIG, M. H. Curso de Física Básica 1: Mecânica, 5. ed. – São Paulo: Blucher, 2013.

OLIVEIRA, L. M. **Acidentes geológicos urbanos**. Curitiba: MINEROPAR – Serviço Geológico do Paraná, 2010, 78p.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Desastres Naturais e Saúde no Brasil**. Brasília, DF: OPAS, Ministério da Saúde, 2015. 56p.: il. (Série Desenvolvimento Sustentável e Saúde, 2).

PARK, C. C. Channel cross-sectional change. In: GURNELL, A. E.; PETTS, G. **Changing river channels**. Ed. Wiley, 1995, p.117-145.

PAULA, E. V. de. **Análise da Produção de Sedimentos na Área de Drenagem da Baía de Antonina/PR uma abordagem geopedológica**. Tese (Doutorado em Geografia) - Curso de pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010, 155f.

PELLING, M. **The vulnerability of cities**: natural disaster and social resilience. London: Earthscan, 2003.

PINHEIRO, A. G. **Identificação de possíveis intervenções voltadas para a redução de riscos de inundações na bacia hidrográfica do Rio Palmital localizada na área do município de Pinhais – PR**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014, 135f.

PINHEIRO, E. G.; PEDROSO, F. F. F. **Construindo um Estado Resiliente: o modelo paranaense para a gestão do risco de desastres**. Curitiba: CEPED/FUNESPAR, 2016. 156p.il

PINTO, T. M. **Dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Rio Palmital (PR)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Geografia) – Faculdade de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2015, 66f.

REBELO, F. **Geografia Física e Riscos Naturais**. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2010.

REIS, R. **Segurança e saúde no trabalho: Normas regulamentadoras**. Editora Yendis. 2012.

SAITO, S. M.; SORIANO, E.; LONDE, L. de R. Desastres naturais. In: SAUSEN, T. M. & LACRUZ, M. S. P. **Sensoriamento Remoto para desastres**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015, p. 23-42.

SAMPAIO, T. V. M. Diretrizes e procedimentos metodológicos para a cartografia de síntese com atributos quantitativos via álgebra de mapas e análise multicritério. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 121-131, 2012.

SAUSEN, T. M.; NARVAES, I. da S. Sensoriamento remoto para inundação e enxurrada. In: SAUSEN, T. M. & LACRUZ, M. S. P. **Sensoriamento Remoto para**

desastres. São Paulo: Oficina de Textos, 2015, p. 119-148. ISBN: 978-85-7975-175-2.

SILVEIRA, G. A. da. **Ineficiências no sistema de drenagem : análise de utilização de válvulas Flap em São Leopoldo, RS**. Trabalho de Conclusão (Graduação). Engenharia Civil, UFRGS, 2015, 212F.

SIMONS, D. B. et al. **Flood Flows, Stages and Damages**. Fort Collins: Colorado State University. 1977.

STRINGARI, D.; PINHEIRO, E. G.; FERENTZ, L. M. S.; FONSECA, M. N.; FAVERO, E. Intervención y Salud Mental en Desastres: Capacitación para la actuación de la Psicología en la Gestión de Riesgos y Desastres. **APUNTES DE PSICOLOGÍA**, v. 37, p. 13-19, 2019.

SPINK, M. Trópicos do discurso sobre risco: risco-aventura como metáfora na modernidade tardia. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p.1277-1288, Nov./Dez./2001.

SUDERHSA. **Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba**. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Paraná, Brasil, 2002.

TACHINI, M.; KOBIYAMA, M.; FRANK, B. Descrição do desastre: as enxurradas. In: FRANK, B.; SEVEGNANI, L. (orgs.) **Desastre de 2008 no Vale do Itajaí. Água, gente e política**. Blumenau: Agência de Água do Vale do Itajaí, 2009. p.92-101.

TANNER, T.; MITCHELL, T.; POLACK, E.; GUENTHER, B. Urban Governance for Adaptation: Assessing Climate Change Resilience in Ten Asian Cities, **Working Paper 315**, Institute of Development Studies (IDS), Brighton UK, 2009.

THEODOROVICZ, A., THEODOROVICZ, A.M.G., CANTARINO, S.C. **Projeto Curitiba: Atlas Geoambiental da Região Metropolitana de Curitiba – Subsídios ao Planejamento Ambiental**. São Paulo: CPRM, 1999

TUCCI, C.E.M. Inundações e Drenagem Urbana. In: TUCCI, C.E.M. & BERTONI, J.C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 1.ed, 2003.

TUCCI, C.E.M., 2005, **Gestão das Águas Pluviais Urbanas: Saneamento para todos**. Programa de Modernização do Setor Saneamento, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, Brasília, DF. 197 p.

UNISDR - THE UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. **Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015 – 2030**. 2015. Disponível em: <http://nacoesunidas.org/conferencia-de-sendai-adota-novo-marco-para-reduzir-riscos-de-desastres-naturais-no-mundo>. Acessado em: 03 de agosto de 2020.

UNISDR – UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTERS REDUCTION. **Terminology on disaster risk reduction**. Geneva, 2009. Disponível

em < <http://www.unisdr.org/we/inform/publications/7817>>, acesso em 24 de abril de 2017.

UNDRR - UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. **Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction (GAR)**. 2019. Disponível em <<https://gar.undrr.org/>>, acesso em 03 de agosto de 2020.

UNDRR - UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. **Understanding risk**. Disponível em <<https://www.undrr.org/building-risk-knowledge/understanding-risk>>, acesso em 03 de agosto de 2020.

VARGAS, H. R. A. Guia municipal para la gestión del riesgo. **Programa de Reducción de la vulnerabilidad fiscal del Estado frente a Desastres Naturales**. Banco Mundial. Bogotá, 2010.

VEYRET, Y & RICHEMOND, N. M. Os tipos de riscos. In: VEYRET, Y. **Os riscos: O homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007. p.63-76.

WOLMAN, M. G. A cycle of sedimentation and erosion in urban river channels. **Geog. Annaler**, v. 49A, 1967, p. 385-395.

VERÓL, Aline Pires ; MIGUEZ, M. G. ; Amaral, V.M. . Controle de Cheias em Vila Fraternidade (Duque De Caxias/Rj) Simulação Matemática de Cenários de Projeto. In: **26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2011, Porto Alegre. Anais do 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011.

XAVIER C. da F. **Avaliação da influência do uso e ocupação do solo e das características geomorfológicas sobre a qualidade das águas de dois reservatórios da região metropolitana de Curitiba - Paraná**. Pós-Graduação em Ciências do Solo. Universidade Federal do Paraná, 2005.

WMO - WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION / UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **International Glossary of Hydrology Glossaire International d'Hydrologie**. WMO-No. 385, 2012. Disponível em:http://www.wmo.int/pages/prog/hwrr/publications/international_glossary/385_IGH_2012.pdf , acesso em 19 de maio de 2020.

APÊNDICE 01: MODELO DE QUESTIONÁRIO

1. Identificação

- 1.1 Endereço (rua e número da casa):
- 1.2 Coordenadas (GPS):
- 1.3 Número de moradores na residência:
- 1.4 Tempo em que vive na residência:

2. Ocorrências de inundações

3.1 Já foi atingido?

() Sim () Não

Se sim, lembra do ano? (escrever ano/anos):

Nos anos de 2016 e 2017 foi atingido, lembra da data e horário?

3.2 Inundou a rua?

() Sim () Não

3.3 A inundação invadiu o lote da sua residência?

() Sim () Não

3.4 A inundação invadiu dentro da residência?

() Sim () Não

3.5 Existe nesta localização alguma medidas de prevenção e controle de inundação?

3.6 Entrou em contato com a defesa civil nas ocorrência das inundações?

() Sim () Não

3.7 Cite medidas de prevenção e controle realizadas pela Prefeitura?

3.8 Aponte causas das inundações neste município?

3.9 Você tem registros das ocorrências de inundações?

APÊNDICE 02: REFERÊNCIAS DAS TESES DE DOUTORADO EM GEOGRAFIA SELECIONADAS

1. CHAVES, SAMMYA VANESSA VIEIRA. Vulnerabilidade às inundações em Teresina, Piauí' 23/10/2015 231 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO, Rio Claro Biblioteca Depositária: IGCE/UNESP/Rio Claro (SP)
2. ROCHA, ALEXSANDRA BEZERRA DA. Proposta metodológica de gestão dos espaços-riscos de inundações urbana em Mossoró-RN' 28/05/2015 172 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, Fortaleza Biblioteca Depositária: Central- UFC
3. MADRUGA, ROBERTA ARAUJO. ANÁLISE DA VULNERABILIDADE SOCIAL ÀS INUNDAÇÕES DOS MUNICÍPIOS PERTENCENTES À SEXTA REGIONAL DA DEFESA CIVIL DO RIO GRANDE DO SUL' 17/11/2017 193 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, Santa Maria Biblioteca Depositária: Biblioteca Central
4. ANUNCIAÇÃO, VICENTINA SOCORRO DA. HOMENS FECHAM JANELAS MULHERES COBREM ESPELHOS: CHUVA E IMPRENSA NA CIDADE DE CAMPO GRANDE/MS (1961-2007)' 01/06/2009 190 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/PR.PRUDENT, Presidente Prudente Biblioteca Depositária: FCT-UNESP
5. COLLISCHONN, ERIKA. INUNDAÇÕES EM VENÂNCIO AIRES/RS: INTERAÇÕES ENTRE AS DINÂMICAS NATURAL E SOCIAL NA FORMAÇÃO DE RISCOS SOCIOAMBIENTAIS URBANOS' 01/03/2009 327 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, FLORIANÓPOLIS Biblioteca Depositária: Biblioteca Central da UFSC/ Biblioteca Setorial do CFH
6. CAIXETA, ANA CLARA MENDES. DIVERSIDADE GEOAMBIENTAL E POTENCIAL DE INFILTRAÇÃO NA BACIA DO CÓRREGO SÃO PEDRO, EM UBERLÂNDIA; MG' 26/06/2017 207 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, Uberlândia Biblioteca Depositária: Biblioteca da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG
7. RIGHI, ELEIA. METODOLOGIA MULTICRITÉRIO PARA GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RISCO A INUNDAÇÕES GRADUAIS' 29/04/2016 196 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, Porto Alegre Biblioteca Depositária: geo
8. OLIVEIRA, PEDRO ALVES DE. Geovisualização de inundação em áreas urbana, utilizando métodos de análise espacial: o caso da Regional Oeste de Belo Horizonte'

01/10/2011 221 f. Doutorado em TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO ESPACIAL
Instituição de Ensino: PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS
GERAIS, Belo Horizonte Biblioteca Depositária: PUC-MINAS

9. GONCALVES, NEYDE MARIA SANTOS. "IMPACTOS PLUVIAIS E
DESORGANIZACAO DO ESPACO URBANO EM SALVADOR/BA" 01/05/1992 268
f. Doutorado em GEOGRAFIA (GEOGRAFIA FÍSICA) Instituição de Ensino:
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, São Paulo Biblioteca Depositária: undefined

10. SILVA, VALDEIR DEMETRIO DA. SISTEMA DE ALERTA À INUNDAÇÃO,
UTILIZANDO MODELO HEC-RAS E TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO
PARA O MUNICÍPIO DE ITAJAÍ – SC.' 28/07/2017 153 f. Doutorado em
GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ,
Maringá Biblioteca Depositária: Biblioteca Central da Universidade Estadual de
Maringá

11. MURARA, PEDRO GERMANO DOS SANTOS. ADAPTAÇÃO ÀS INUNDAÇÕES
URBANAS EM RIO DO SUL, SANTA CATARINA' 08/12/2016 143 f. Doutorado em
GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA
CATARINA, Florianópolis Biblioteca Depositária: Biblioteca Central da UFSC

12. POMPILIO, MARIA JOSE. O HOMEM E AS INUNDACOES NA BAICA DO
ITAJAI: UMA CONTRIBUICAO AOS ESTUDOS DA GEOGRAFIA DO
COMPORTAMENTO E DA PERCEPCAO, NA LINHA DA PERCEPCAO
AMBIENTAL.' 01/12/1990 200 f. Doutorado em GEOGRAFIA (GEOGRAFIA FÍSICA)
Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, São Paulo Biblioteca
Depositária: undefined

13. NASCIMENTO, MELCHIOR CARLOS DO. Contribuição metodológica para
seleção de indicadores de vulnerabilidade socioambiental por meio das
geotecnologias à região metropolitana de Maceió' 28/04/2016 212 f. Doutorado em
GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE
MESQUITA FILHO/RIO CLARO, Rio Claro Biblioteca Depositária: IGCE/UNESP/Rio
Claro

14. CAVION, RENATA. Cidade Sob(re) as Águas: Estratégias de Ação e de Políticas
Urbanas' 22/08/2014 191 f. Doutorado em GEOGRAFIA (GEOGRAFIA FÍSICA)
Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, São Paulo Biblioteca
Depositária: CAPH-FFLCH

15. CUSTÓDIO, VANDERLI. A Persistência das Inundações na Grande São Paulo'
01/04/2002 294 f. Doutorado em GEOGRAFIA (GEOGRAFIA HUMANA) Instituição
de Ensino: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, São Paulo Biblioteca Depositária:
CAPH/USP

16. JUNIOR, LINDBERG NASCIMENTO. CLIMA URBANO, RISCO E VULNERABILIDADE EM CIDADES COSTEIRAS DO MUNDO TROPICAL: ESTUDO COMPARADO ENTRE SANTOS (BRASIL), MAPUTO (MOÇAMBIQUE) E BRISBANE (AUSTRÁLIA) ' 16/03/2018 180 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO (PRESIDENTE PRUDENTE), Presidente Prudente Biblioteca Depositária: FCT/UNESP

17. SOUSA, ALOYSIO RODRIGUES DE. ANÁLISE DAS INUNDAÇÕES A PARTIR DE ATRIBUTOS HIDRO – CLIMATOLÓGICOS E AMBIENTAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE – PB' 15/07/2013 187 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, Fortaleza Biblioteca Depositária: central UFC

18. MAIA, DIEGO CORRÊA. Impactos Pluviais na Área Urbana de Ribeirão Preto-SP' 01/10/2007 153 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO, Rio Claro Biblioteca Depositária: IGCE/UNESP/Rio Claro (SP)

19. SANTOS, KESIA RODRIGUES DOS. AS RELAÇÕES ENTRE O SÍTIO NATURAL E A URBANIZAÇÃO NA PRODUÇÃO DOS RISCOS AMBIENTAIS: AS INUNDAÇÕES NA CIDADE DE ANÁPOLIS (GO) ' 04/08/2017 342 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, Campinas Biblioteca Depositária: Biblioteca Digital da Unicamp

20. SOUSA, RODRIGO VITOR BARBOSA. OCORRÊNCIAS DE INUNDAÇÕES NO BAIXO CURSO NO RIO TIBAGI, MUNICÍPIO DE JATAIZINHO-PR: VARIÁVEIS DETERMINANTES ' 21/11/2017 undefined f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO (PRESIDENTE PRUDENTE), Presidente Prudente Biblioteca Depositária: FCT/UNESP

21. LUZ, RODOLFO ALVES DA. Mudanças geomorfológicas na planíciefluvial do Rio Pinheiros, São Paulo (SP), ao longo do processo de urbanização.' 02/12/2014 246 f. Doutorado em GEOGRAFIA (GEOGRAFIA FÍSICA) Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, São Paulo Biblioteca Depositária: CAPH-FFLCH

22. DOUHI, NELSON. Regime e sistemas de controle das cheias do baixo Ivaí e cartografia das áreas inundáveis' 16/09/2013 131 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ, Maringá Biblioteca Depositária: Biblioteca Central da Universidade Estadual de Maringá

23. AVILA, LUCIELE OLIVEIRA DE. VULNERABILIDADE DAS ÁREAS SOB AMEAÇA DE DESASTRES NATURAIS NA CIDADE DE SANTA MARIA/RS' 23/11/2015 253 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino:

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, Porto Alegre Biblioteca
Depositária: geo

24. GALVAO, RENATA DOS SANTOS. GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS EM ÁREAS URBANAS (NITERÓI/RJ)' 06/02/2014 148 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE, Niterói Biblioteca Depositária: undefined

25. ALMEIDA, LUTIANE QUEIROZ DE. VULNERABILIDADES SOCIOAMBIENTAIS DE RIOS URBANOS. Bacia hidrográfica do rio Maranguapinho. Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará.' 01/04/2010 278 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO, Rio Claro Biblioteca Depositária: IGCE/UNESP/RIO CLARO

26. ARMOND, NUBIA BERAY. DINÂMICA CLIMÁTICA, EXCEPCIONALIDADES E VULNERABILIDADE: CONTRIBUIÇÕES PARA UMA CLASSIFICAÇÃO GEOGRÁFICA DO CLIMA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO' 22/06/2018 170 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO (PRESIDENTE PRUDENTE), Presidente Prudente Biblioteca Depositária: FCT/ UNESP

27. ESTEVES, CLÁUDIO JESUS DE OLIVEIRA. Vulnerabilidade Socioambiental na Área de Ocupação Contínua do Litoral do Paraná - Brasil.' 01/06/2011 200 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, CURITIBA Biblioteca Depositária: UFPR

28. CASTRO, CLEBER MARQUES DE. ÁGUAS DO RIO DE JANEIRO: DA METRÓPOLE COM RISCOS À METRÓPOLE DOS RISCOS' 01/08/2010 168 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, RIO DE JANEIRO Biblioteca Depositária: PPG

29. MONTEIRO, JANDER BARBOSA. Desastres naturais no Estado do Ceará: uma análise de episódios pluviométricos extremos' 15/04/2016 257 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, Fortaleza Biblioteca Depositária: Central - UFC

30. FEITOSA, AILTON. Zoneamento de pequenas bacias hidrográficas e caracterização de várzeas na bacia do Pajeú, Pernambuco' 01/03/2012 117 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO, RECIFE Biblioteca Depositária: Biblioteca Central da UFPE

31. BORTOLETTO, KATIA CRISTINA. Estudo das Vulnerabilidades Social e Ambiental em Áreas de Riscos de Desastres Naturais no Município de Caraguatatuba SP' 15/12/2016 218 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO, Rio Claro Biblioteca Depositária: IGCE/UNESP/Rio Claro

32. SILVA, MARIA JULIA VEIGA DA. A vulnerabilidade socioambiental na produção do espaço urbano da cidade de Santarém-PA' 21/11/2017 300 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO (RIO CLARO), Rio Claro Biblioteca Depositária: IGCE/UNESP/Rio Claro
33. ZUCHERATO, BRUNO. Cartografia da vulnerabilidade socioambiental no Brasil e Portugal: estudo comparativo entre Campos do Jordão e Guarda' 26/06/2018 368 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO (RIO CLARO), Rio Claro Biblioteca Depositária: IGCE/UNESP/Rio Claro
34. DICKEL, MARA ELIANA GRAEFF. Eventos climáticos extremos na sub-bacia hidrográfica do Rio Ribeira do Iguape e Litoral Sul, SP: Defesa Civil e capacidade operacional para a gestão de riscos' 15/04/2016 211 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE EST. PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO/RIO CLARO, Rio Claro Biblioteca Depositária: IGCE/UNESP/Rio Claro
35. FRANCA, RAFAEL RODRIGUES DA. EVENTOS PLUVIAIS EXTREMOS NA AMAZÔNIA MERIDIONAL: RISCOS E IMPACTOS EM RONDÔNIA' 09/03/2015 190 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, Curitiba Biblioteca Depositária: Ciência e Tecnologia da UFPR
36. LUCAS, TAIZA DE PINHO BARROSO. Gênese e espacialidades das chuvas ocorridas nas estações chuvosas de 2010/2011 e 2011/2012 em Belo Horizonte, Minas Gerais.' 19/08/2015 332 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, Belo Horizonte Biblioteca Depositária: undefined
37. SOUZA, SIRIUS OLIVEIRA. PROPOSTA DE ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO DO USO E DA OCUPAÇÃO DA REGIÃO COSTA DAS BALEIAS (BAHIA) ' 29/03/2017 226 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, Campinas Biblioteca Depositária: Biblioteca Digital da UNICAMP
38. LIMA, HUDSON RODRIGUES. NO CAMINHO DAS ÁGUAS: TERRITÓRIOS EM RISCO À JUSANTE DA HIDRELÉTRICA NOVA PONTE, NO RIO ARAGUARI, MINAS GERAIS' 08/05/2017 342 f. Doutorado em GEOGRAFIA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, Uberlândia Biblioteca Depositária: Biblioteca da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG

APÊNDICE 03: TRABALHO PUBLICADO SOBRE PROPOSTA PARA MAPEAMENTO DE RISCO DE INUNDAÇÃO



Geografia e Ordenamento do Território, Revista Electrónica
Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território
<http://cegot.org>
ISSN 2182-1267

Buffon, Elaiz Aparecida Mensch
Universidade Federal do Paraná, UFPR, Programa de Pós-Graduação em Geografia.

81531-970, Centro Politécnico – Ed. João José Bigarella, 210, Curitiba/PR, Brasil.

eambuffon@gmail.com

Sampaio, Tony Vinicius Moreira
Universidade Federal do Paraná, UFPR, Programa de Pós-Graduação em Geografia.

81531-970, Centro Politécnico – Ed. João José Bigarella, 204, Curitiba/PR, Brasil.

tony2sampaio@gmail.com

Paz, Otacílio Lopes de Souza da
Universidade Federal do Paraná, UFPR, Programa de Pós-Graduação em Geografia.

81531-970, Centro Politécnico – Ed. João José Bigarella, 204, Curitiba/PR, Brasil.

otacilio.paz@gmail.com

Veículo aéreo não tripulado (VANT) - aplicação na análise de inundações em áreas urbanas

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) - application in the analysis of floods in urban areas

Referência: Buffon, Elaiz; Sampaio, Tony; Paz, Otacílio (2018). Veículo aéreo não tripulado (VANT) - aplicação na análise de inundações em áreas urbanas. *Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)*, n.º 13 (junho). Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, p. 85-108, [dx.doi.org/10.17127/got/2018.13.004](https://doi.org/10.17127/got/2018.13.004)

Resumo

A avaliação do risco de inundação pode ser realizada considerando, de forma integrada, os processos resultantes de pressões físicas (perigo ambiental) e fragilidades (vulnerabilidades). Atualmente, as geotecnologias, em especial o VANT, permitem análises de problemas socioambientais em tempo real e com alta precisão. Nesta perspectiva, objetiva-se com o presente trabalho apresentar um encaminhamento metodológico para avaliação das áreas edificadas com risco de desastres ligado a inundação em áreas urbanas. Para isso, foram coletados dados primários na área de estudo (Campo Magro-Paraná, Brasil), por meio de VANT e trabalhos de campo, que, posteriormente, permitiram com auxílio de Sistema de Informação Geográfica construir um mapeamento síntese do risco de desastres. Os resultados indicam que a metodologia é de baixo custo e importante para as áreas desprovidas de imageamento em detalhe, e se mostrou eficiente como um sistema de apoio à decisão espacial frente à mitigação e prevenção dos desastres decorrentes de inundações.

Palavras-chave: Desastres, Risco, Vulnerabilidade, Inundação, Prevenção, Geotecnologias, VANT.

Abstract

The flood risk assessment can be carried out considering, in an integrated way, the processes resulting from physical pressures (hazard assessment) and weaknesses (vulnerabilities). Currently, the geotechnologies, in particular the UAV, allow analysis of environmental problems in real time and with high precision. In this perspective, the objective of this work is to present a methodological approach for the evaluation of the built-up areas potentially affected by urban floods. For this reason, primary data in the study area (Campo Magro-Paraná, Brazil) were collected through UAV and field work, which subsequently allowed, with the support of Geographic Information Systems, to build a synthesis mapping of disasters risk. The results indicate that the methodology is cost-effective and important for the areas devoid of detailed imaging, and has proved to be efficient as a spatial decision support system for risk mitigation and prevention of the disasters caused by floods.

Keywords: Disasters, Risk, Vulnerability, Floods, Prevention, Geotechnologies, UAV.

1. Introdução

As cheias estão diretamente relacionadas com as características climáticas regionais e, assim, são consideradas fenômenos naturais. As alterações na bacia hidrográfica, advindas da ocupação e uso do solo pelo homem, interferem nas cheias e tendem a agravar as mesmas, tanto no nível de frequência como de intensidade, que podem desencadear inundações em áreas urbanas (WOLMAN, 1967; TUCCI, 2003).

As inundações consistem no processo de ocupação das planícies pelas águas, ou seja, é quando a água extravasa do canal fluvial (KOBAYAMA *et al.*, 2006). Sendo assim, para originar um episódio de inundação é necessária a manifestação de um evento pluvial que, por sua vez, atrelado aos processos hidrológicos urbanos, promovem o extravasamento do rio que repercute espacialmente nas sociedades. Os impactos decorrentes das inundações são complexos e, em algumas situações, desestabilizam sistemas, com prejuízos sociais, econômicos e ambientais relevantes no contexto brasileiro (SILVEIRA, *et al.*, 2009).

A ocorrência de inundações no Brasil é crescente a partir de 1960 (TOMINAGA, 2015). Tominaga (2015) apresenta, com base nos dados do EM-DAT (*The International Disaster Database*) de 2008, que o Brasil é um dos mais atingidos por inundações (TOMINAGA, 2015). Frente essa problemática, uma importante ação foi apresentada na década de 1990, quando foram definidos os objetivos para Redução de Desastres Naturais. Essa ação consistiu na implantação da Estratégia Internacional para Redução de Desastres - EIRD (*International Strategy for Disaster Reduction – ISRD*) que, posteriormente, propiciou a formação de macroprocesso da redução de risco de desastres.

No âmbito do Brasil, a partir de 2013, esse macroprocesso foi dividido em cinco processos inter-relacionados, a saber: prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação (GREGORIO, *et al.*, 2015). Os mesmos autores, apontam que as tecnologias podem auxiliar na concepção, execução e avaliação desses processos, e citam, como exemplo, que “o sensoriamento remoto tem se revelado uma ferramenta essencial para a gestão de risco de desastres naturais” (p.45).

Florenzano (2005) afirma que as geotecnologias ligadas ao Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) estão cada vez mais interligados, apresentando potencial de aplicação em inúmeras áreas do conhecimento. Além disso são crescentes os avanços técnicos nos equipamentos, o que resultam em maior precisão e nível de detalhamento.

Dentre as novas plataformas para aquisição de dados em Sensoriamento Remoto, ganha destaque o Veículo Aéreo Não-Tripulado (VANT), popularmente conhecidos como *Drones*. Os VANTs apresentam vantagens técnicas e econômicas se comparados com os métodos tradicionais de aerolevantamento (LONGHITANO, 2010; GREGORIO *et al.*, 2015). O uso de VANTs em estudos geográficos é recente no Brasil, mas se observa um grande potencial de aplicação dessa tecnologia em diversas análises geográficas.

As ortofotos obtidas com VANT (com GSD – *Ground sample distance*, variando entre 0,05 e 0,3 metros) constituem importante ferramenta para análise da problemática socioambiental na perspectiva de riscos e vulnerabilidades (BUFFON *et al.*, 2017). Além da ortofoto outros produtos podem ser gerados, tais como: modelos digitais de superfície e de terreno (MDS e MDT, respectivamente). Segundo Feng *et al.*, 2015, esses modelos (principalmente o MDS) são importantes em estudos de inundações urbanas, pois permitem melhor compreensão da dinâmica da água em ambientes edificados.

No entanto, mesmo com o baixo custo e elevada resolução atrelada aos produtos obtidos por VANTs, observa-se, ainda, que grande parte dos trabalhos que abordam análises ambientais em nível de detalhe utilizam dados provindos de levantamento *Light Detection And Ranging* - LIDAR (FENG *et al.*, 2015; CIRILO *et al.*, 2014; HAN e KIM, 2011; DANTAS, 2012; PEREIRA *et al.*, 2013). Cabe destacar que o alto custo dessa tecnologia é o principal fator que reduz a disponibilidade dos dados em muitas áreas do território brasileiro. Neste sentido, os VANTs podem preencher essa lacuna.

Atualmente, muitos são os estudos disponíveis que realizaram propostas para avaliação de riscos, considerando a probabilidade de ocorrência de um fenômeno e o grau de perda potencial associado, ou seja, os impactos decorrentes da efetivação de um fenômeno no espaço. Autores como Dauphiné (2001), Rebelo (2010) e Cunha (2015), enfatizam

teoricamente a abordagem de risco a partir da articulação dos índices de perigo (probabilidade de ocorrência) com os de vulnerabilidade (grau de fragilidade).

Neste viés, Gregorio et al., (2015, p.47) ressalta que “a análise dos cenários de risco de um sítio deve, com base nas ameaças previamente identificadas no local, simular situações capazes de provocar os desastres e buscar entender os processos e danos que poderiam ocorrer tendo como base as simulações”. Assim, adota-se neste trabalho o conceito de risco como “à probabilidade de ocorrência de processos no tempo e no espaço, não constantes e não determinados, e à maneira como estes processos afetam (direta ou indiretamente) a vida humana” (CASTRO et al., 2005, p.12). Risco e perigo são conceitos associados, no entanto, conforme aponta Rebelo (2010) nem sempre o perigo consiste no risco, isso porque, por hora a manifestação do perigo pode ser controlado ou mesmo o fenômeno que simboliza o perigo pode apresentar um recuo.

Atrelado a esses conceitos, enfatiza-se o conceito de vulnerabilidade a partir da perspectiva apresentada por Cutter (1996) quando descreve que a vulnerabilidade do lugar compreende a vulnerabilidade ambiental (biofísica) que enfoca a probabilidade de exposição, e a social que evidencia a análise da probabilidade de consequências adversas. Outro conceito utilizado é o de desastre, que se refere ao “resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais” (CASTRO, 1999, p.2).

Embasado nessas considerações teóricas, propõe-se para o presente estudo, um encaminhamento metodológico que se sustenta na avaliação de risco como sendo “a combinação de probabilidade de ocorrência de um evento e suas consequências negativas” (UNISDR, 2009, p.25). Para isso, utiliza-se da perspectiva de perigo ambiental (elementos físicos do lugar) para representar a probabilidade de ocorrência de inundação, e da vulnerabilidade do lugar (elementos das estruturas das edificações e socioeconômicas da população), que quando cruzadas permitem mensurar um grau potencial de desastres associados à inundação em áreas edificadas.

Nesta perspectiva, este trabalho objetiva avançar nas discussões e propostas metodológicas associadas aos processos de prevenção frente ao risco de inundação em áreas urbanas. Apoia-se nas definições de prevenção e mitigação propostas por Castro *et al.* (1999) e EIRD (2009), que consideram a identificação e avaliação das áreas de risco, permitindo pensar e realizar ações de forma antecipada e, assim, auxiliar na mitigação (redução dos impactos).

A proposta metodológica aqui apresentada define quatro etapas essenciais: 1) A delimitação da área de estudo e a caracterização da vulnerabilidade do lugar a inundação; 2) Aquisição de dados espaciais, com auxílio de VANT e trabalho de campo, e posteriormente, o processamento em SIG; 3) Simulações de inundação e mapeamento das áreas de risco de inundação; e 4) Mapeamento do grau potencial de desastres associados à inundação em áreas edificadas.

2. Caracterização da área de estudo

2.1. Enquadramento e descrição geral da área de estudo

A área de estudo contempla parte da área urbana do município de Campo Magro, sendo seu recorte realizado com base em quatro critérios: 1) Localização periférica no contexto metropolitano (Aglomerado Urbano Metropolitano de Curitiba), inserida em uma cidade (Campo Magro) do aglomerado com maior taxa de crescimento urbano na última década (BUFFON, 2016); 2) Tamanho da área que viabilizou de modo adequado a aquisição de dados espaciais com VANT. 3) Heterogeneidade do índice de vulnerabilidade social a inundação por nível de desagregação de setores censitários (BUFFON *et al.*, 2017); 4) Disponibilidade de estudo que avaliou e quantificou as condições de vulnerabilidade do lugar a inundação por nível de desagregação de quadras (BUFFON *et al.*, 2017).

O grau de urbanização de Campo Magro em 2010 era de 78,7%, sendo que população urbana era de 19.547 habitantes, tendo uma taxa de crescimento em relação ao ano de 2000 de 22,8%, correspondendo a uma das maiores taxas em relação às demais cidades do aglomerado urbano metropolitano de Curitiba (BUFFON, 2016).

A área de estudo ocupa 49,51 ha e corresponde a três setores censitário do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), o que possibilitou realizar o levantamento de dados com o VANT em um tempo aproximado de 45 minutos, realizados a partir de três voos com duração média de 15 minutos. Dessa forma, a área de estudo é apresentada na figura 1, no que concerne a sua localização.

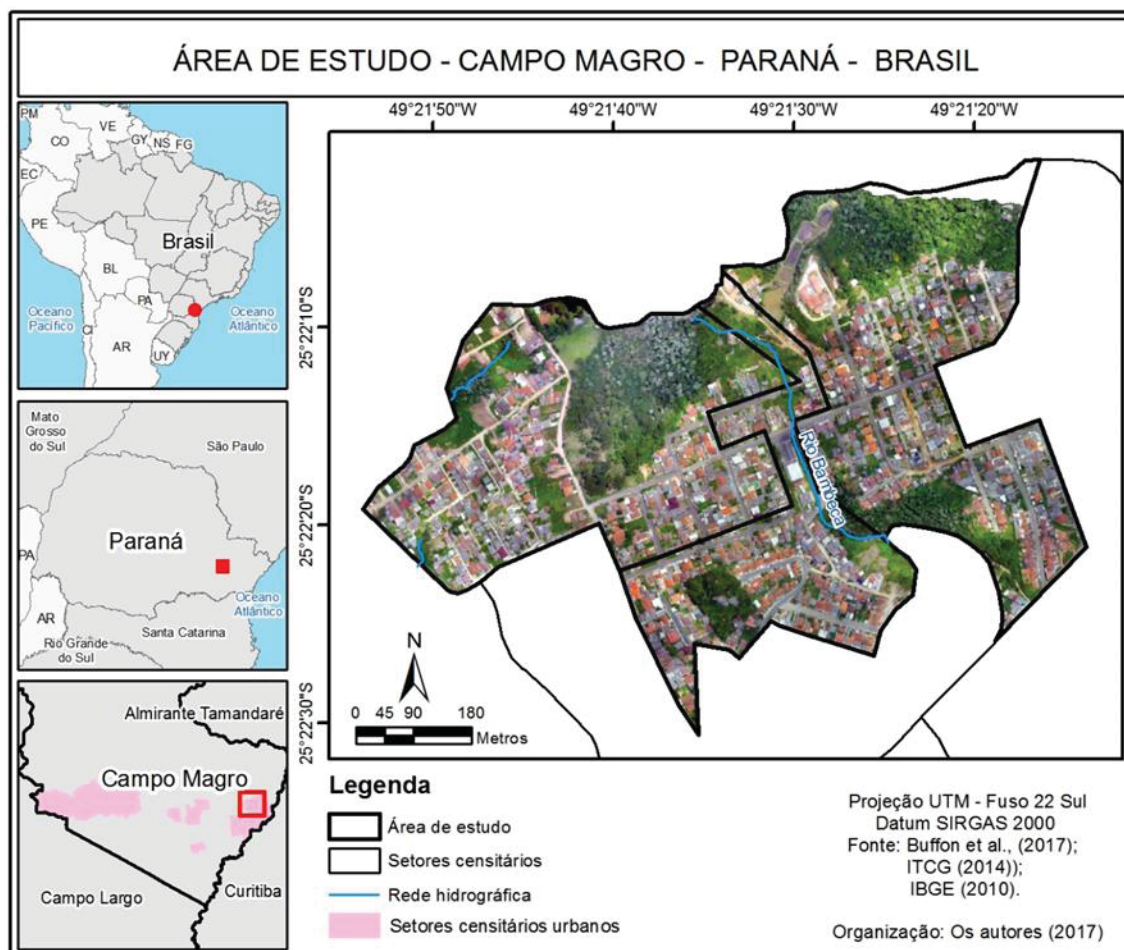


Figura 1: Campo Magro (PR): localização e ortofoto da área de estudo.

Do ponto de vista físico-ambiental, a área de estudo localiza-se na bacia hidrográfica do Alto Iguaçu, mas especificamente na sub-bacia do Rio Passaúna (extensão territorial de 217km²), sendo esse o principal rio e afluente pela margem direita do rio Iguaçu, que é o principal rio da bacia supracitada. No contexto específico da área de estudo, localiza-se o rio Bameca que é afluente pela margem direita do rio Passaúna, e a oeste da área de estudo encontra-se o rio Custódio, também, afluente do rio Passaúna.

As características climáticas da área de estudo, configura-se como mesotérmico brando, super úmido, sem estação seca (IBGE, 1998). A região em que a área de estudo se localiza caracteriza-se do ponto de vista geomorfológico como uma bacia de sedimentação (CANALI & MURATORI, 1981), a pedologia é marcada pela presença de argissolo vermelho-amarelo.

2.1.1 Caracterização da vulnerabilidade do lugar à inundação

Para caracterizar a vulnerabilidade do lugar a inundação na área de estudo, esta pesquisa emprega a classificação proposta por Buffon *et al.* (2017), que utilizou às características sociais dos domicílios e dos moradores (esgotamento sanitário, coleta de lixo, abastecimento de água e renda), do ordenamento urbano (traçado do sistema viário, pavimentação e vegetação) e do ambiente (usos e cobertura da terra em APPs).

Da área total de estudo (abrangendo os 3 setores censitários), 30,6% (15,17 ha) corresponde a vegetação arbórea, e 10,9% (5,39 ha) é utilizado para arruamento, sendo que

os restantes 58,5% (28,95 ha) correspondem as áreas com edificações e com vegetação arbustiva e herbácea, nas quais foi mapeada a vulnerabilidade. Dentro dessa porção da área total em que foi utilizado o mapeamento da vulnerabilidade do lugar à inundação, constatou-se a seguinte distribuição: muito baixo (19,6% ou 9,69 ha), baixo (2,4% ou 1,20 ha), médio a baixo corresponde (5,45% ou 2,70 ha), médio a alto (5,5% ou 2,72 ha), alto (13,7% ou 6,79 ha), e o muito alto (11,8% ou 5,9 ha) (Figura 2). Esses valores enfatizam a heterogeneidade da área de estudo, com maior concentração nos graus de vulnerabilidade do lugar à inundação nas classes de muito baixo e alto, que empiricamente representam um evidente contraste nas condições de habitação desses dois graus de vulnerabilidade.

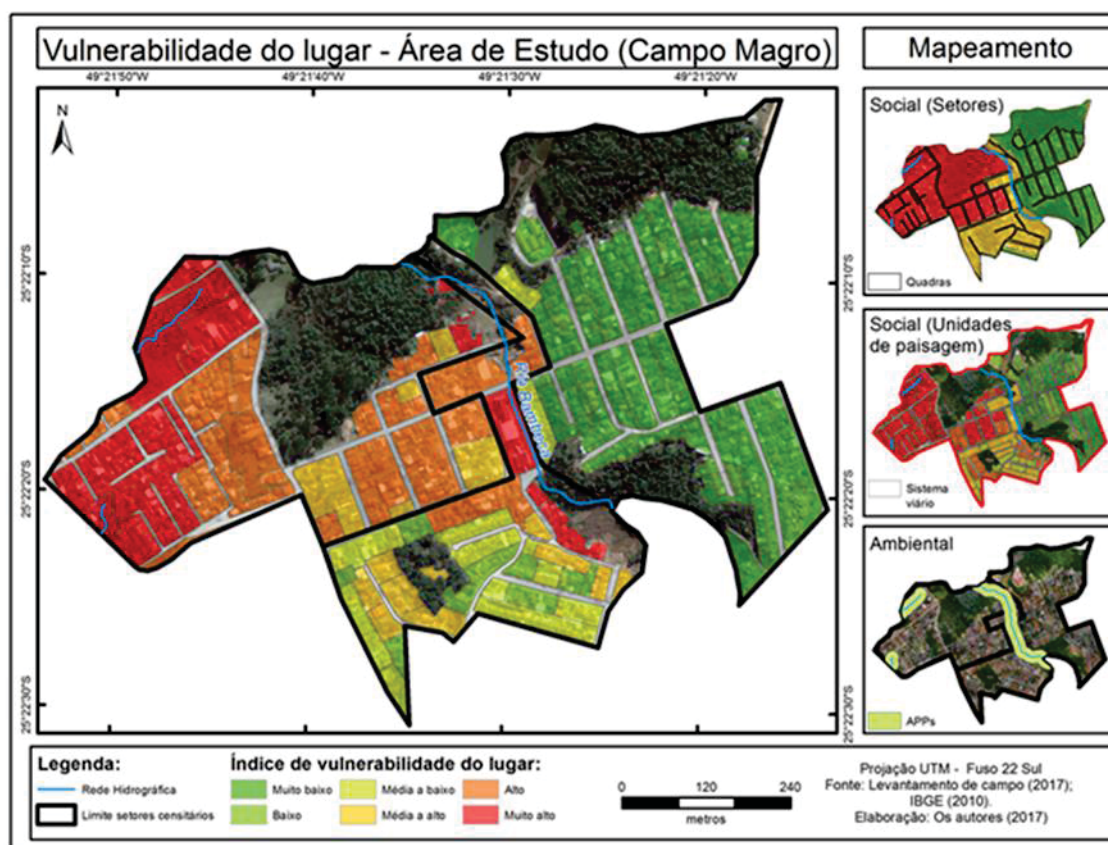


Figura 2: Área de estudo: mapeamentos que combinados formam o mapa composto de vulnerabilidade do lugar à inundação. Fonte: Buffon *et al.* (2017).

3. Procedimentos metodológicos

3.1. A construção da base de dados

Os dados necessários para desenvolvimento deste estudo foram levantados por meio de dois trabalhos de campo, o primeiro consistiu em obter dados com o VANT e foi realizado no dia 06 de fevereiro de 2017, enquanto que o segundo foi realizado no dia 09 de fevereiro de 2017 e visou a coleta de informações e registros fotográficos para definir as cotas de inundações.

3.1.1. Dados de sensoriamento remoto

Para o levantamento de dados de sensoriamento remoto foi utilizado um VANT do modelo *Phantom 3 Professional*, da *DJI*, disponibilizado pelo Departamento de Geografia da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Os parâmetros e as linhas de um dos planos de voo são apresentados na figura 3.

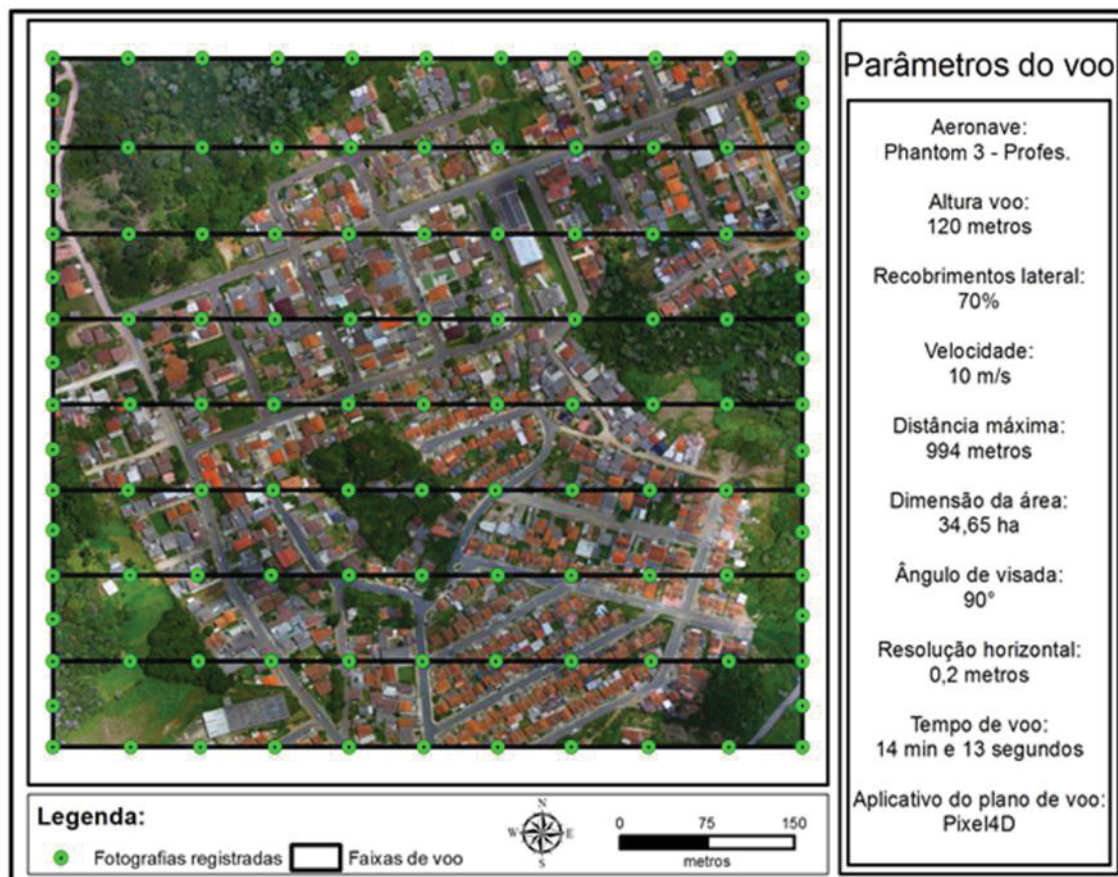


Figura 3: Ilustração de um dos três planos de voo realizado em campo.

Fonte: BUFFON *et al.*, 2017.

O voo com o VANT, de acordo com a legislação brasileira, consistiu do uso de um sistema de Aeronave Remotamente Pilotada (RPA), formado pela RPA e pela estação de pilotagem (RPS) e pelo *link* de comando e controle a rádio. O voo foi acompanhado pela RPS, e foi classificado na categoria Pilotagem por Waypoint, ou seja, com um controle limitado da RPA. O plano de voo foi elaborado pelo aplicativo Pix4D Capture, com a aplicação de uma altura de 120 metros, tendo recobrimento lateral de 70%.

O processamento das fotografias foi executado no *software Agisoft PhotoScan*. Foram aplicadas as rotinas para alinhamento, identificação dos pontos homólogos e geração da ortofoto, com os parâmetros apresentados na figura 4. É importante ressaltar que, optou-se por inserir os parâmetros em inglês em virtude desse ser o idioma utilizado no *software Agisoft PhotoScan*.

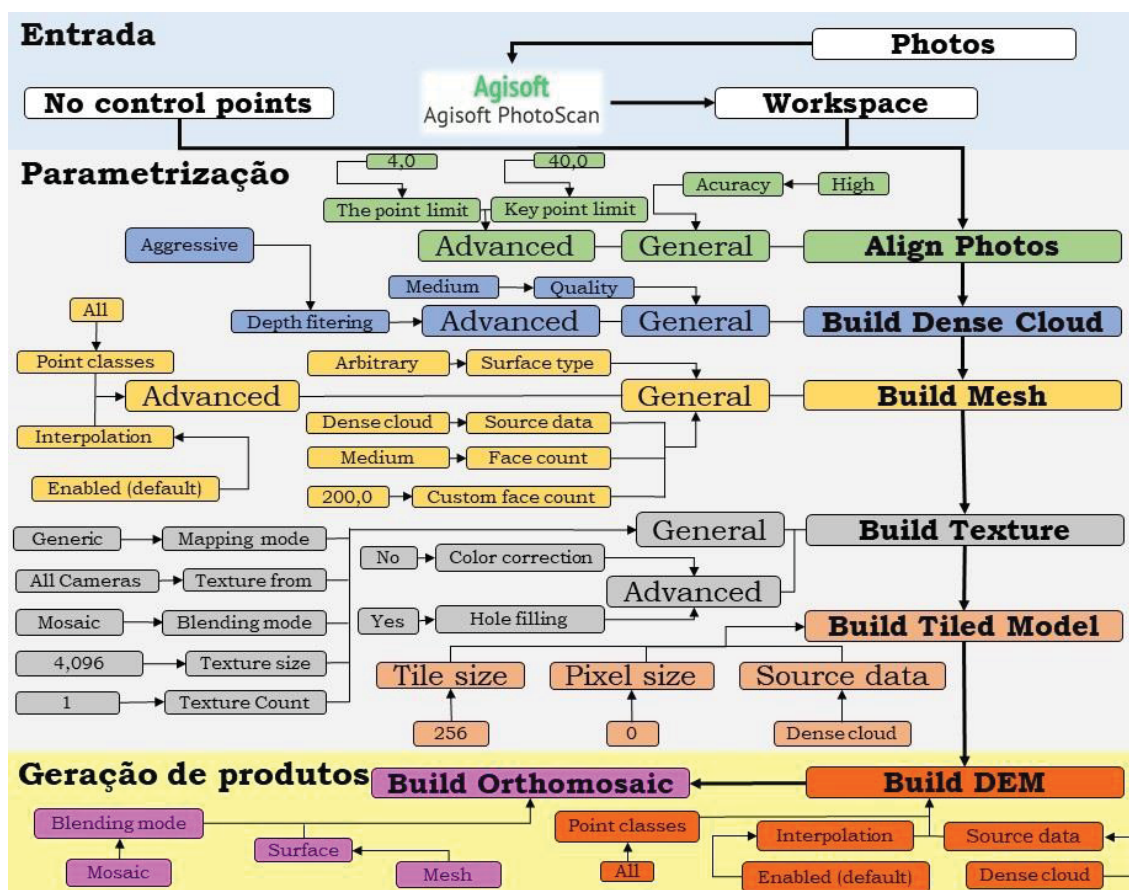


Figura 4: Rotinas e parâmetros adotados no processamento das imagens no software Agisoft PhotoScan. Elaboração: Os autores (2017).

O Modelo Digital de Superfície – MDS foi elaborado com resolução espacial de 0,2m e a ortofoto com 0,05m. Como não foram utilizados pontos de controle, o erro altimétrico estimado para o Modelo Digital de Superfície é de 0,34m (RMSE). Este valor corresponde ao erro máximo observado em outros 22 levantamentos realizados com o mesmo equipamento em uma área próxima ao local de estudo e com uso de pontos de controle. A figura 5 apresenta a sequência de atividades realizadas para obter a ortofoto e o MDS.

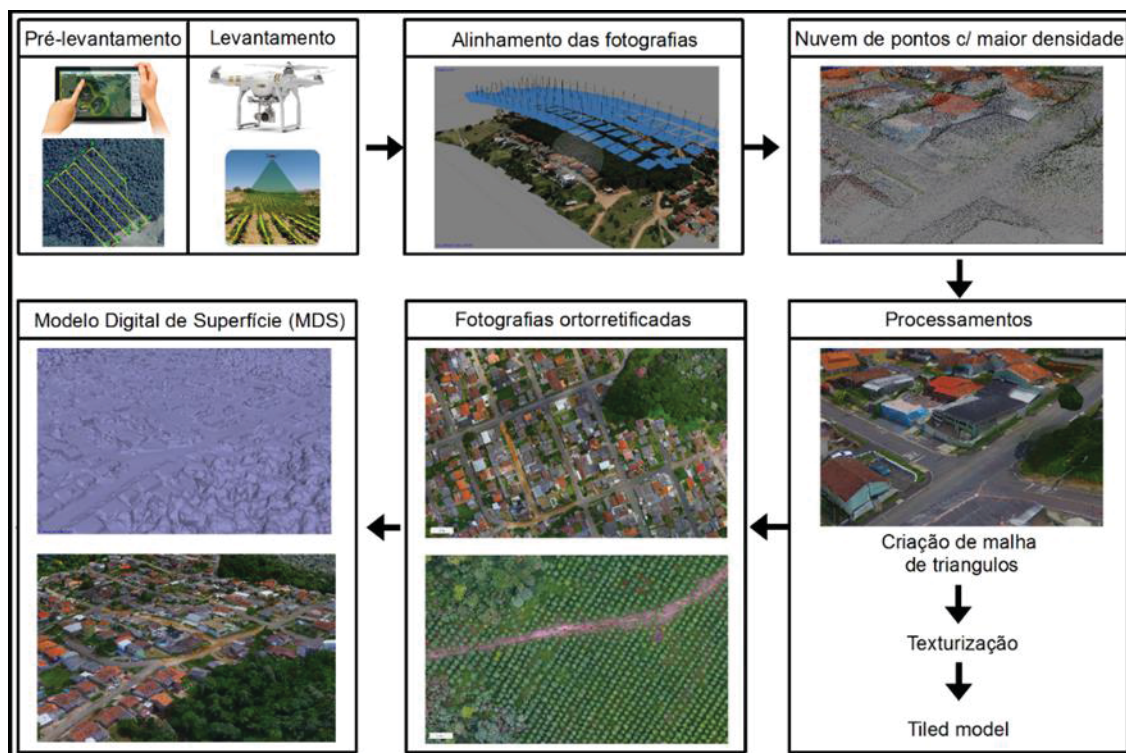


Figura 5: Organograma das operações realizadas para aquisição e processamentos dos dados levantados com VANT.

3.1.2 Dados empíricos dos registros de episódios de inundações urbanas

Os registros de episódios de inundações foram coletados *in loco* a partir de entrevista e levantamento fotográfico (conforme proposta de Justiniano (2009, p.187). A figura 6 apresenta a localização dos registros de campo. Foram levantados dados sobre: i) o tempo de moradia no local, ii) a ocorrência de inundações na residência, rua ou proximidade; iii) relatos sobre a realização de obras públicas de infraestrutura no bairro.

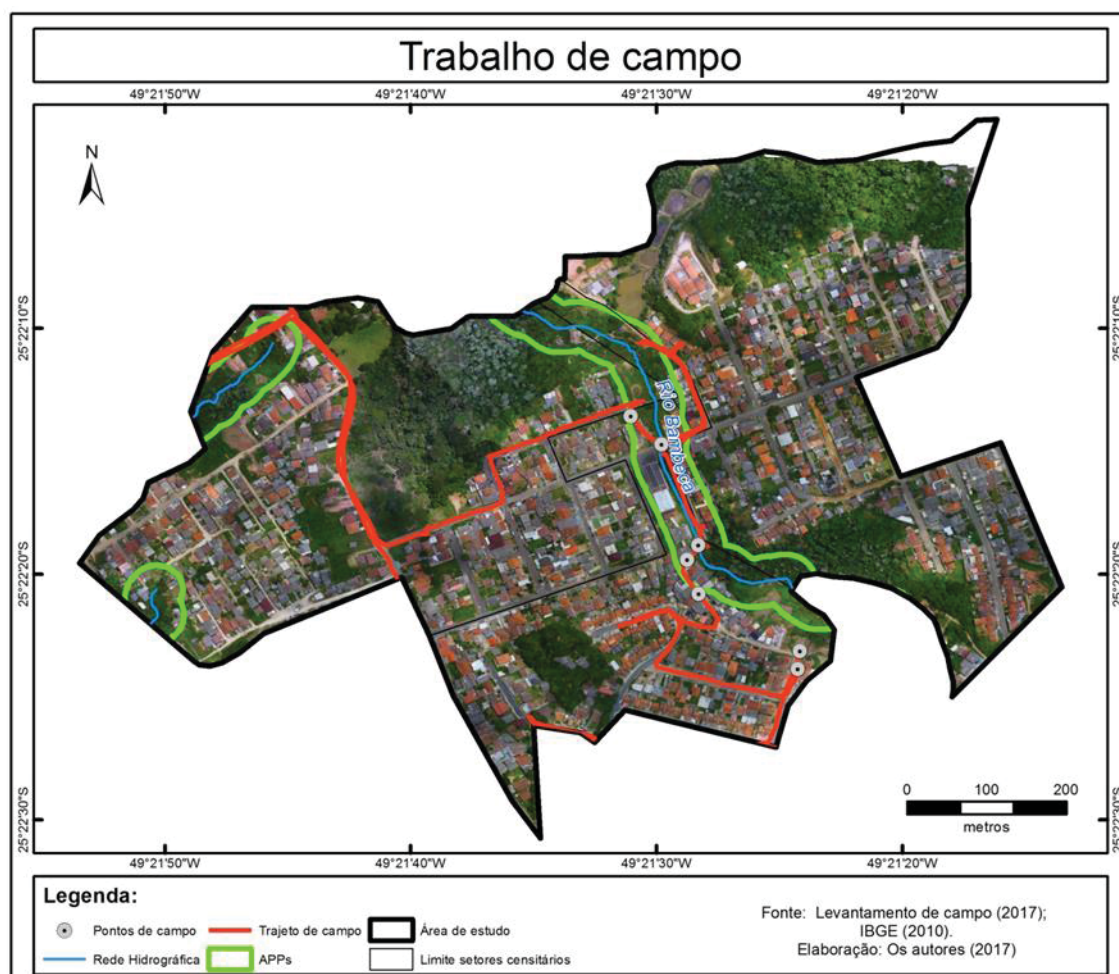


Figura 6: Trajeto do trabalho de campo e pontos de coleta de relatos.

O levantamento de campo objetivou a aquisição de dados em áreas com distintas condições de vulnerabilidade do lugar a inundações (vide figura 2). Foram selecionados sete pontos para coleta de informações e registros fotográficos que servem de base para as simulações de inundações e, consequentemente, identificação das áreas de risco.

3.2. Métodos e técnicas para construção das simulações de inundações e mapeamento das áreas de risco

As simulações das áreas que podem ser afetadas em episódios de inundações foram realizadas no *software ArcGIS* com a ferramenta *reclass*, versão 10.1, a partir do MDS gerado anteriormente através dos dados coletados com o VANT. Optou-se pelo emprego do MDS em razão do mesmo permitir uma análise em maior nível de detalhe em ambientes com a presença de obstáculos, característica fortemente presente no ambiente urbano, onde se encontram edificações (que podem apresentar mais de um pavimento), muros, meio fio, árvores, entre outros (FENG *et al.*, 2015). Os critérios adotados para execução da ferramenta consistem na definição de valores numéricos de cotas de inundações. Esses valores foram embasados nos registros e relatos observados em campo que permitem constatar ocorrência de inundações em determinados pontos.

Foram definidos quatro pontos para a verificação *in loco* da ocorrência de inundações. Cada ponto apresenta uma cota de inundação, que foram delimitadas com base nos relatos e

registros fotográficos obtidos em campo. Considerou-se que a passagem de um episódio de enchente para inundação ocorre a partir do nível de elevação de 959 metros (caracterizada como cota inicial da inundação).

Assim, foram realizadas as seguintes simulações, considerando: 1 – cota de inundação com 1 metro acima do nível atual, 2: – cota de inundação com 3 metros acima do nível atual, 3 – cota de inundação com 6 metros acima do nível atual, 4 – cota de inundação com 9 metros acima do nível atual. Nesse sentido, criou-se um cenário potencial de inundações que foi embasado nas simulações obtidas a partir da aplicação de cada uma das cotas. É importante ressaltar que, as áreas afetadas por inundações nas simulações, de acordo com relatos em campo já foram atingidas, sendo algumas simulações mais frequentes.

Ainda, com o propósito de auxiliar na avaliação das áreas de inundações, elaborou-se uma quantificação do uso e cobertura da terra a partir de seus valores relativos (em porcentagem), em cinco classes: 1) arruamento, 2) edificações, 3) solo exposto, 4) vegetação arbórea, 5) vegetação arbustiva/herbácea. Utilizando o mapeamento de uso e cobertura da terra, foi criado um tema de pontos, para demarcar cada uma das edificações existentes dentro da área de inundação (total das 4 simulações).

3.3 Encaminhamentos metodológico para o mapeamento do grau potencial de desastres associados à inundação em áreas edificadas

A determinação das classes do grau potencial de desastres associados à inundação foi embasada nos mapeamentos da vulnerabilidade do lugar e do risco de inundação, somente para as áreas com edificações. Utilizou-se 6 classes para caracterizar o grau potencial de desastres associados à inundação, a saber: muito baixo, baixo, médio a baixo, médio a alto, alto e muito alto. Essas classes foram obtidas a partir de um cruzamento em matriz vetorial, que considerou 6 classes de vulnerabilidade do lugar obtidos a partir do estudo de Buffon *et al.* (2017), e 3 classes de risco de inundação que correspondem as simulações de inundações, alto (área atingida pela cota de 3 metros), médio (área atingida pela cota de 6 metros) e baixo (área atingida pela cota de 9 metros). As classes do grau potencial de desastres associados à inundação (Gda) é obtido a partir da seguinte fórmula: $Gda = (Vli \pm Ri)$, sendo Vli a vulnerabilidade do lugar a inundação e Ri o risco de inundação. Assim, procedeu-se com o cruzamento, conforme é apresentado no quadro 1.

Quadro 1: Matriz de cruzamento dos mapeamentos de perigo e vulnerabilidade do lugar a inundação.

Vulnerabilidade do lugar a inundação	Perigo a inundação				Risco de desastres - inundação	
	Índice	Baixo	Médio	Alto		
Índice	CRUZAMENTO				Índice	
Muito Baixo (MB)	CRUZAMENTO	MB	MB	B	RESULTADO	MB (muito baixo)
Baixo (B)		MB	B	MaB		B (baixo)
Médio a Baixo (MaB)		B	MaB	MaA		MaB (médio a baixo)
Médio a Alto (MaA)		MaB	MaA	A		MaA (médio a alto)
Alto (A)		MaA	A	MA		A (alto)
Muito Alto (MA)		A	MA	MA		MA (muito alto)

Elaboração: Os autores (2017).

4. Resultados e discussão

4.1 Inundações em áreas urbanas de Campo Magro – PR: caracterização das áreas de risco e vulnerabilidade do lugar

A construção do cenário de cotas de inundação (Figura 7) demonstrou que a simulação 1 (+ 1 metro) se restringe a área sem edificação. Os moradores, que vivem nas proximidades, relataram que são frequentes os casos de inundações, sendo que quando a água começa a atingir as edificações observa-se a simulação 2 (+ 3 metros) (Figura 6). As simulações 3 (+ 6 metros) e 4 (+ 9 metros) (Figura 7), correspondem as áreas na quais as inundações não são frequentes, mas que já aconteceram.

Em relação às ocorrências de inundações, os moradores relataram que, de modo frequente, as ocorrências de inundações estão associadas à ausência dos procedimentos de limpeza dos canais e rios, que reduzem a capacidade de escoamento da água em eventos pluviométricos extremos. De acordo com as informações levantadas, em um evento pluviométrico recente (17/10/2016) o cenário da simulação 3 se efetivou, sendo que foram afetadas diversas residências, conforme aponta a simulação no cenário.

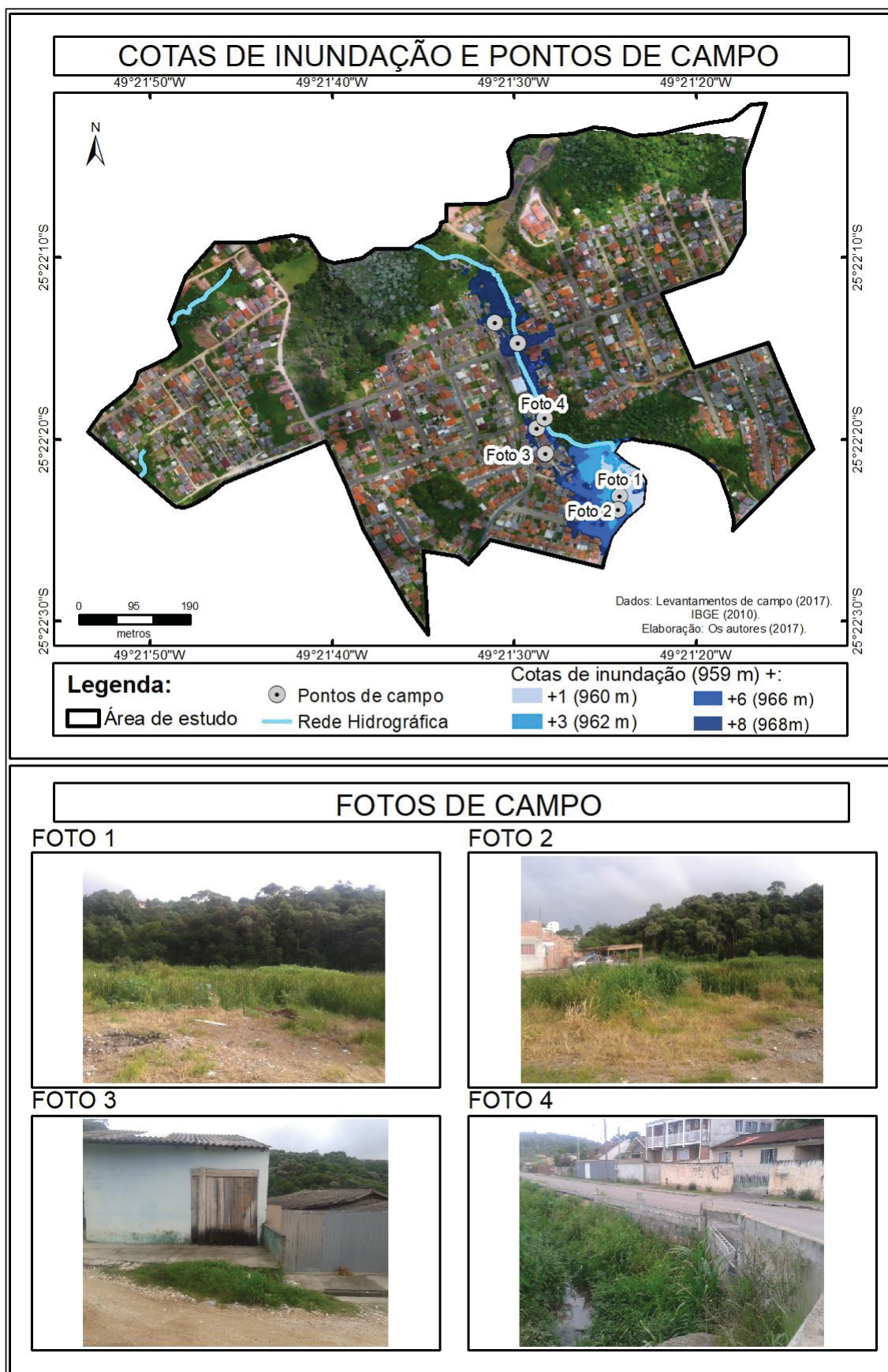






Figura 7: Área de estudo – Campo Magro: Cotas de inundação, pontos e fotos de campo.

A figura 7 apresenta um cenário das áreas de inundações, a partir das 4 simulações, que foram classificadas de acordo com a frequência de ocorrência: simulação 1 (muito alto), simulação 2 (alto), simulação 3 (médio) e simulação 4 (baixo). A área total com risco de inundação ocupa 13,0% da área total de estudo, sendo que 4,9% (0,24 ha) é identificada na simulação 1, 14,3% (0,71 ha) na simulação 2, 25,9% (1,29 ha) na simulação 3, e 55% (2,74 ha) na simulação 4.

Para analisar o grau potencial de desastres associados à inundação, torna-se necessário conhecer os usos e cobertura da terra. Dentro dos 13,0% supracitado (área com risco de inundação), 15,9% é mapeada na classe de edificações, 65,1% é coberta por vegetação arbórea ou arbustiva/herbácea, 12% é destinada para arruamento, e 7% é caracterizada por solo exposto (Quadro 2).

Quadro 2: Área com risco de inundação: uso e cobertura da terra.

Classe	Representação	Área (ha)	Área (%)
Arruamento		0,75	11,62
Edificações		1,03	15,90
Solo exposto		0,44	6,81
Vegetação arbórea		2,47	38,29
Vegetação arbustiva/herbácea		1,77	27,38

Fonte: Levantamento de campo (2017).

Dentro classe de edificações foi possível quantificar a existência de 109 edificações que estão inseridas na área com risco de inundação. Desse total 104 são de uso predominante residencial (moradia). Considerando a sobreposição das edificações com as simulações de inundações, conclui-se que 109 (67+28+14) edificações são afetadas na simulação 4, ou seja, todas as edificações existentes na área, 42 (28+14) edificações são afetadas na simulação 3, 14 edificações são afetadas na simulação 2, e na área afetada na simulação 1 não existe edificações.

Nesse sentido, adotou-se três categorias de risco de inundação em edificações, sendo essas: alto (todas as edificações existentes na área atingida pela simulação 2), médio (todas as edificações existentes na área atingida pela simulação 3 e, que não pertencem a área da

simulação 2), e baixo (todas as edificações existentes na área atingida pela simulação 4, e que não pertencem as áreas da simulação 2 e 3) (Figura 8).

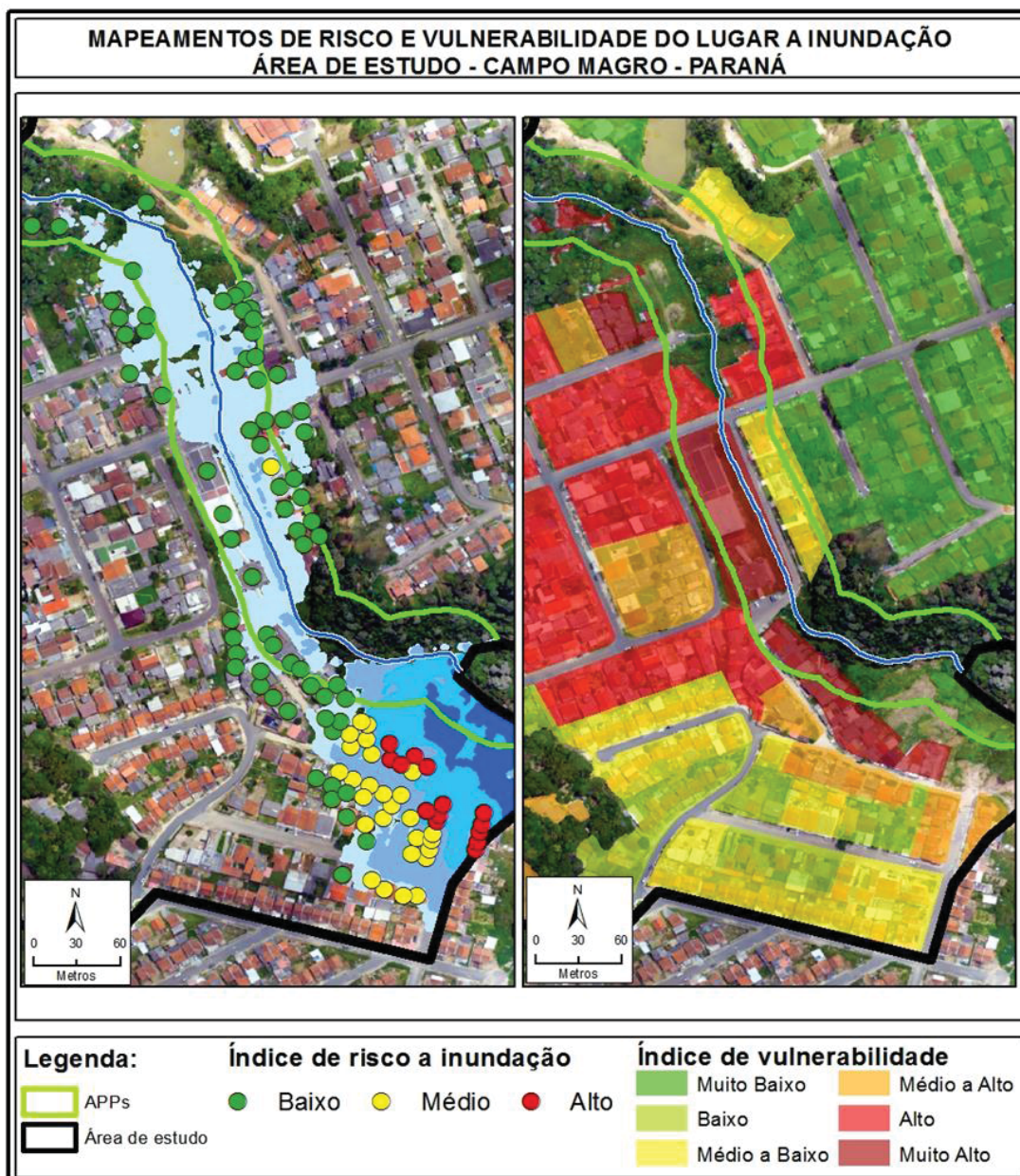


Figura 8: Mapeamentos utilizados na matriz de cruzamento para obtenção do grau potencial de desastres associados à inundação.

Apenas uma edificação dentre todas que são identificadas com risco de inundações nas categorias alto e médio está inserida dentro da área de APP do rio Bembeca (Figura 8). Esse aspecto, denota que não é possível considerar a APP em sua integralidade como uma área de alto risco a inundação. No entanto, mesmo em áreas de APP com baixo risco de inundação, observou-se que a vulnerabilidade é caracterizada, predominantemente, por índices de alta e muito alta (Figura 8). Considerando que risco e vulnerabilidade estão diretamente associados em contextos de desastres, levantou-se a necessidade de analisar

o grau potencial de desastres associados à inundação em áreas edificadas, resultante do cruzamento das condições de risco de inundação (probabilidade de ocorrência de um perigo) e vulnerabilidade a inundação (condições sociais e ambientais).

4.2 Avaliações do grau potencial de desastres associados à inundação em área urbana edificada

O resultado do cruzamento das classes de risco e vulnerabilidade do lugar à inundação permitiu observar uma configuração espacial segregada do risco alto e muito alto do grau potencial de desastres associados à inundação (Figura 9). São identificados os seguintes números de edificações por classes do grau potencial de desastres associados à inundação: 12 edificações com grau potencial de muito alto (nenhuma dentro da APP); 33 edificações com alto (13 edificações estão dentro da APP); e 34 com médio a alto (11 edificações estão dentro da APP) (Figura 9). No que se refere as classes do grau potencial de médio a baixo, baixo e muito baixo, os totais de edificações mapeadas foram os seguintes, respectivamente: 8 (1 na APP), 17 (11 em APP) e 5 (Figura 9).

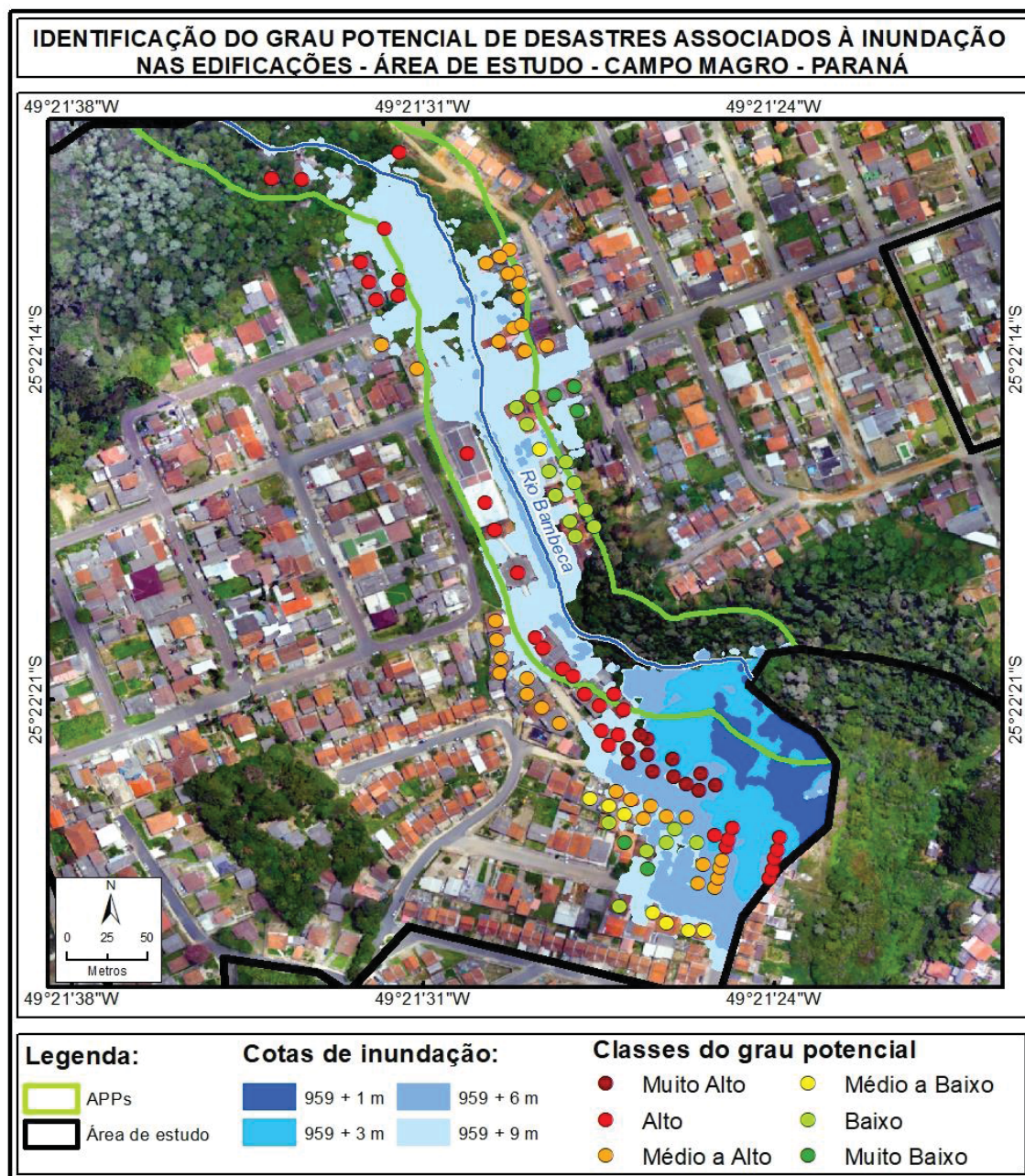


Figura 9: Área de inundação (Campo Magro/PR): mapeamento do grau potencial de desastres associados à inundação em áreas edificadas.

Essa análise permitiu constatar que a configuração espacial do grau potencial de desastres associados à inundação é complexa e dinâmica. Por exemplo, nesta área de estudo e nesse contexto, adotar como critério a remoção da população que ocupa a área de APP do rio Bameba, de acordo a legislação brasileira, é uma importante medida, mas que não vai interferir diretamente na área prioritária de atenção frente aos desastres associados à inundação.

Sendo assim, destaca-se a necessidade da realização de constantes estudos que auxiliem na execução dos processos de gestão do risco e de desastres associados à inundação, com implantação tanto de medidas estruturais, bem como estruturantes. As medidas estruturais, de acordo com Carneiro e Miguez (2011) são aquelas em que a paisagem é alterada pelo

homem, como principal exemplo cita-se: a remoção (realocação) da população que habita a área de risco à inundação, por exemplo. Os mesmos autores destacam-se que as medidas estruturantes (não estruturais) são aquelas em que o homem aprende a conviver com o risco de inundação, como exemplos citam-se: construção de barreiras e elevação das estruturas existentes.

O mapeamento do grau potencial de desastres associados à inundação, a partir do cruzamento dos mapeamentos de risco e vulnerabilidade do lugar à inundação, demonstrou ser uma metodologia eficaz para auxílio na tomada de decisão frente aos processos de prevenção e mitigação de desastres associados à inundação.

De acordo com Gregorio *et al.* (2015, p.45) dentro do macroprocesso da gestão de riscos de desastres, as etapas de prevenção e mitigação revelam a execução

de estudos das ameaças, vulnerabilidades e cenários de risco; mapeamento de riscos e cadastramento de famílias em risco; plano municipal de redução de riscos; estruturação e operação de sistemas de monitoramento, alerta e alarme; medidas de mitigação não estruturais; medidas de mitigação estruturais.

Com isso, destaca-se que o uso de dados de sensoriamento remoto, coletados com VANT, têm apresentado um grande aumento nos últimos anos a nível mundial para avaliação das áreas com risco e desastres associados à inundação (ZHOU *et al.*, 2000; MARINHO *et al.*, 2012), entretanto, ainda são poucos e recentes os trabalhos que usam o VANT para aquisição desses dados no contexto brasileiro (LONGHITANO, 2010; BUFFON *et al.*, 2017).

Desse modo, buscou-se com este trabalho reforçar o uso de VANT e apontar um encaminhamento metodológico para avaliação do risco e do grau potencial de desastres associados à inundação. Conforme apontam Sausen e Narvaes (2015, p.121) os dados provenientes de VANT “podem monitorar as águas de inundação, mapear as áreas que potencialmente podem ser afetadas e apoiar ações de prevenção, sendo possível utilizá-los de forma eficiente e operacional nas mais diversas fases da gestão de desastres de inundação”. Em suma, é possível obter um mapeamento síntese do grau potencial de desastres associados à inundação, com base na identificação das áreas prioritárias de atuação para fins de planejamento e de intervenções imediatas.

5. Conclusões

Os passos adotados no encaminhamento metodológico referente ao processo de cruzamento dos mapeamentos de risco à inundação com o de vulnerabilidade do lugar a inundação, se mostraram eficientes para sintetizar as condições de exposição da população frente a ocorrência de desastres durante episódios de inundações. Os procedimentos para a construção dos mapeamentos são de baixo custo, permitindo sua aplicação em outras áreas de interesse.

O uso do VANT para aquisição dos dados apresentou como benefícios: 1) redução dos custos associados à aquisição de imagens aéreas; 2) maior flexibilidade na aquisição das imagens; 3) melhor resolução espacial e temporal se comparado ao uso de imagens de

satélites gratuitas disponíveis para o Brasil; e 4) possibilidade de maior nível de desagregação dos dados.

Como principal limitação, cita-se a baixa autonomia no tempo de voo do equipamento, o que dificulta a execução de levantamentos para áreas acima de 1 km² (tempo relativo a estimativa de área recoberta para cada carga completa da bateria – autonomia de voo).

Os resultados encontrados condizem com a realidade identificada em campo, permitindo afirmar que a área de estudo necessita de medidas de prevenção e mitigação frente a problemática de inundações. O trabalho revela, considerando a probabilidade futura de efetivação do cenário integral de risco à inundação, que 41,3 % das edificações apresentam grau potencial de desastres associados à inundação na categoria de muito alto e alto e 31,2% apresentam grau na categoria médio a alto, totalizando 72,5% das edificações. É importante lembrar, que essa afirmação se utiliza do resultado obtido a partir do risco de inundação com a vulnerabilidade do lugar a inundação.

Esses valores expressivos, demonstram que o uso e ocupação da terra nessa área não foi pautado em critérios de planejamento urbano que considere o ambiente (natural e social) de modo integrado. Ao analisar o mapeamento que apresenta o grau potencial de desastres associados à inundação em conjunto com a determinação da área de APP prevista em lei, observa-se que uma porção para além da APP é mapeada com risco de inundação e apresenta edificações com grau potencial de desastres associado à inundação nas categorias muito alto e alto. Nesse sentido, entende-se que a preservação e fiscalização da APP é de extrema importância para a gestão de riscos e de desastres associados à inundação, mas também, afirma-se a importância de estudos como este, a fim de que revelem áreas que não estão dentro da APP e necessitam de medidas de prevenção e mitigação.

Com isso, ressalta-se que a avaliação do grau potencial de desastres associado à inundação, deve pautar-se em características dos indivíduos, das sociedades, dos ecossistemas e dos sistemas tecnológicos, que quando integrados geram uma síntese que pode ser apresentada por meio de uma representação cartográfica (mapeamento) que visa auxiliar nas tomadas de decisões frente ao problema.

6. Referências

- BUFFON, E. A. M. *A leptospirose humana no AU-RMC (Aglomerado Urbano da Região Metropolitana de Curitiba/PR) – risco e vulnerabilidade socioambiental*. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016, 171f.
- BUFFON, E. A. M.; PAZ, O. L. S.; SAMPAIO, T. V. M. Uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) para mapeamento das vulnerabilidades à inundação urbana: referenciais e bases de aplicação. *Revista do Departamento de Geografia*, Volume Especial – Eixo 9, 2017, p. 180-189, DOI: 10.11606/rdg.v0ispe.132547.
- CANALI, N; MURATORI, A. M. Síntese da evolução geomorfológica da bacia de Sedimentação de Curitiba. In: *3º. Simpósio Regional de Geologia*. Curitiba. Sociedade Brasileira de Geologia. Núcleo de São Paulo; novembro, 1981, Atas, vol.2, 389p.

- CARNEIRO, P. R. F.; MIGUEZ, M. G. *Controle de inundações em bacias hidrográficas metropolitanas*. São Paulo: Annablume, 2011.
- CASTRO, C. M.; PEIXOTO, M. N. O.; RIO, G. A. P. Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas. In: *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*. Rio de Janeiro: UFRJ, Vol. 28-2, 2005, p. 11-30.
- CASTRO, A. L. C. *Manual de planejamento em defesa civil*. Vol.1. Brasília: Ministério da Integração Nacional/Departamento de Defesa Civil. 1999, 133p.
- CIRILO, J. A. et al. Suporte de Informações Georreferenciadas de Alta Resolução para Implantação de Infraestrutura e Planejamento Territorial. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 7, n. 4, 2014, p. 755-763, ISSN: 1984-2295.
- CUNHA, L. Vulnerabilidade e Riscos Naturais: exemplos em Portugal. In: FREITAS, M. I. C. de.; LOMBARDO, M. A.; ZACHARIAS, A. A. *Vulnerabilidades e riscos: reflexões e aplicações na análise do território*. Rio Claro (SP): UNESP – IGCE-CEAPLA, 2015, p.55-62. ISBN: 978-85-89082-42-6.
- CUTTER, S. L. Vulnerability to environmental hazard. *Progress in Human Geography*, v. 20, n.4, 1996, p.-529-539.
- DANTAS, C. E. O. *Previsão e Controle de Inundações em Meio Urbano com Suporte de Informações Espaciais de Alta Resolução*. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), UFPE, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Pernambuco, Recife, 2012, 221p.
- DAUPHINÉ, A. *Risques et catastrophes – Observer, spatialiser, comprendre, gérer*. Paris: Armand Colin, 2001. ISBN: 2-200-25042-8.
- GREGORIO, L. T.; SAITO, S. M.; SAUSEN, T. M. Sensoriamento remoto para a gestão de risco de desastres naturais. In: SAUSEN, T. M. & LACRUZ, M. S. P. *Sensoriamento Remoto para desastres*. São Paulo: Oficina de Textos, 2015, p. 43-67. ISBN: 978-85-7975-175-2.
- FENG, Q; LIU, J; GONG, J. Urban flood mapping based on unmanned aerial vehicle remote sensing and random forest classifier—A case of Yuyao, China. *Water*, v. 7, n. 4, 2015, p. 1437-1455, DOI: 10.3390/w7041437.
- FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na geografia aplicada: difusão e acesso. *Revista do Departamento de Geografia*, v.17, 2005, p. 24-29, ISSN 2236-2878
- HAN, J-G.; KIM, S-P. Inundation Vulnerability Zone Mapping of Urban Coastal Area using High Spatial Resolution Data (Airborne LiDAR) and GIS Spatial Analysis. *Journal of Coastal Research*, n. 64, 2011, p. 1681, ISSN: 0749-0208.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapas temáticos: Clima* (1998). Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/clima.pdf>. Acesso em: setembro de 2017.
- JUSTINIANO, E. F. Registro fotográfico. In: VENTURI, L. A. B. (org.) *Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 187-195.
- KOBIYAMA, M. et al. *Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos*. Curitiba, PR: Ed. Organic Trading, 2006. 109 p.
- LONGHITANO, G. A. *VANTS para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas*. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2010, 148 p.
- MARINHO, R. R.; PARADELLA, W. R.; OLIVEIRA, C. G.; SILVA, A. Q.; SANTOS, A. R. Aplicação de imagens SAR orbitais em desastres naturais: mapeamento das inundações de 2008 no vale do Itajaí, SC. *Revista Brasileira de Cartografia*, n.64/3, 2012, p. 317-330, ISSN: 1808-0936.
- PEREIRA, A.; GOMES, A.; ALBERTI, A. Vantagens da utilização de dados ALS (LiDAR) na caracterização morfológica das vertentes costeiras da Galiza (Espanha): aplicação ao setor de Mougás. *Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)*, n.º 4 (dezembro). Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, 2013, p. 223-248. <http://dx.doi.org/10.17127/got/2013.4.010>

- REBELO, F. *Geografia Física e Riscos Naturais*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2010. ISBN: 978-989-26-0054-3.
- SAUSEN, T. M.; NARVAES, I. da S. Sensoriamento remoto para inundação e enxurrada. In: SAUSEN, T. M. & LACRUZ, M. S. P. *Sensoriamento Remoto para desastres*. São Paulo: Oficina de Textos, 2015, p. 119-148. ISBN: 978-85-7975-175-2.
- SILVEIRA, W. N.; KOBAYAMA, M.; GOERL, R. F.; BRANDENBURG, B. *História das inundações em Joinville (1851-2008)*. Curitiba, PR: Organic Trading, 2009. 153 p.
- TOMINAGA, L. K. Desastres Naturais: por que ocorrem? In: TOMINAGA, L. L.; SANTORO, J.; AMARAL R. do (orgs.). *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. 3ª ed. – São Paulo: Instituto Geológico, 2015, p. 11-24. ISBN: 978-85-87235-09-1.
- TUCCI, C. E. M. Inundações e drenagem urbana. In: TUCCI, C. E. M. & BERTONI, C. (Orgs.). *Inundações urbanas na América do Sul*. Porto Alegre, RS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.
- UNISDR – UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTERS REDUCTION. Terminology on disaster risk reduction. Geneva, 2009. Disponível em <<http://www.unisdr.org/we/inform/publications/7817>>, acesso em 24 de abril de 2017.
- ZHOU, C.; LUO, J.; LI, B. Flood monitoring using multi-temporal AVHRR and RADARSAT imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 66, n. 5, May 2000, p.633-638, ISSN : 0099-1112.
- WOLMAN, M. G. A cycle of sedimentation and erosion in urban river channels. *Geog. Annaler*, v. 49A, 1967, p. 385-395, ISSN: 1468-0459.